

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AMBIENTAL

TAINARA DANIEL OGAWA

QUANTIFICAÇÃO DE COMPOSTOS ORGÂNICOS VOLÁTEIS (BENZENO,
TOLUENO, ETILBENZENO E XILENOS) NA BIBLIOTECA NACIONAL DO BRASIL,
RIO DE JANEIRO -RJ

CURITIBA

2016

TAINARA DANIEL OGAWA

QUANTIFICAÇÃO DE COMPOSTOS ORGÂNICOS VOLÁTEIS (BENZENO,
TOLUENO, ETILBENZENO E XILENOS) NA BIBLIOTECA NACIONAL DO BRASIL,
RIO DE JANEIRO -RJ

Projeto final II apresentado como requisito parcial à
conclusão do curso de graduação em Engenharia
Ambiental, Setor de Tecnologia da Universidade
Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Henrique Moreton Godoi

CURITIBA

2016

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, pela vida que me concedeu e pelos caminhos que percorri até chegar ao curso de Engenharia Ambiental da UFPR.

À minha família agradeço pelo amor incondicional e compreensão das minhas escolhas, com imenso apoio durante toda graduação, vocês são responsáveis por essa conquista.

Um agradecimento especial ao meu esposo Melvin que se fez presente, paciente, carinhoso, me incentivando sempre a superar as dificuldades próprias e ainda que cuidou do nosso lar e filha durante incontáveis momentos para que a conclusão desse trabalho fosse possível.

Agradeço ao Professor Dr. Ricardo Godoi e a Professora Dr. Ana Flávia Godoi que me confiaram a oportunidade de realizar esse trabalho e sempre estiveram disponíveis para orientar, apoiar e incentivar a realização do mesmo.

Agradeço a equipe envolvida na pesquisa, todos do laboratório PDA e aos funcionários da Biblioteca Nacional do Brasil que possibilitaram os dados necessários à realização desse trabalho assim como sua análise química.

Ao amigo Mestre Guilherme Borillo um (enorme) muito obrigado. Pois me guiou, com muita paciência e dedicação constante, de maneira altruísta e amiga durante todas as etapas do projeto e sem o qual este resultado não seria possível.

À amiga querida Engenheira Anna Luisa V. Ferreira agradeço a oportunidade de trabalhar com você em mais um projeto e compartilhar com você tantos momentos especiais quanto possíveis num curso de graduação, agradeço também seu infinito apoio, suas mensagens de “Força, Taizinha, você vai chegar lá” realmente fizeram a diferença ao longo dos anos.

Aos colegas do LabAir, agradeço todas as conversas de apoio, às dicas acadêmicas e principalmente ao incentivo de seguir em frente independente do desafio encontrado.

Aos colegas do curso de graduação em engenharia ambiental UFPR gostaria de agradecer por todos momentos especiais vividos e aos sinceros e inspiradores incentivos nas dificuldades encontradas durante o curso.

RESUMO

Em centros urbanos encontram-se os maiores níveis de poluentes atmosféricos, dentre eles estão os Compostos Orgânicos Voláteis (COV) que tem como principal fonte as emissões veiculares e industriais. Nessa classificação estão incluídos os compostos: benzeno, tolueno, etilbenzeno e xilenos (BTEX), que por serem tóxicos aos seres humanos têm despertado interesse da comunidade científica para análise da qualidade do ar tanto em ambientes externos quanto internos. Portanto, o objetivo desse estudo foi quantificar a presença do conjunto BTEX na Biblioteca Nacional do Brasil em pontos internos e externos de análise, relacionando essas concentrações as suas possíveis fontes, assim como investigar as relações dos compostos entre si e ainda com um composto atmosférico secundário, o ozônio (O_3). As amostragens ocorreram de fevereiro a setembro de 2014, no centro da cidade do Rio de Janeiro com os amostradores passivos da marca Radiello®. As amostras foram analisadas por cromatografia gasosa acoplada com um espectrofotômetro de massas (GC-MS). O perfil das concentrações de BTEX também foi encontrado em outros estudos da literatura, sendo do composto tolueno, as concentrações mais altas atingindo o máximo de $25,1 \mu\text{g m}^{-3}$ e o mínimo de $2,71 \mu\text{g m}^{-3}$. A concentração de BTEX foi maior na recepção da biblioteca do que nos outros locais estudados. A faixa das concentrações do benzeno variou de $0,41 \mu\text{g m}^{-3}$ até $3,95 \mu\text{g m}^{-3}$, já o etilbenzeno foi encontrado com o menor valor igual a $0,31 \mu\text{g m}^{-3}$ e o maior $19,1 \mu\text{g m}^{-3}$. As concentrações em lugares fechados, como uma vitrine que expõe algumas obras raras do acervo e um cofre, foram iguais às salas em que estão alocados. Para o m,p-xileno foi registrada a concentração máxima de $5,71 \mu\text{g m}^{-3}$ e mínima de $1,07 \mu\text{g m}^{-3}$. Já para o o-xileno, que foi o composto com menores valores, a concentração oscilou de $0,18 \mu\text{g m}^{-3}$ a $3,65 \mu\text{g m}^{-3}$. Locais com menor variação de temperatura tiveram menores concentrações de BTEX. Concluiu-se, portanto, que há proteção das obras em ambientes melhor climatizados. Quanto ao ozônio, que é conhecido pelo seu efeito oxidante em materiais, fez-se uma comparação com as concentrações de BTEX, que nesse caso funcionam como um traçador de compostos orgânicos voláteis dentro da Biblioteca Nacional. Observou-se que o conjunto BTEX e ozônio estão correlacionados e seguem a mesma tendência de concentração nos pontos analisados. Na vitrine fechada, utilizada para exibir obras, no setor de obras raras foram registradas as menores concentrações de ozônio. Sendo então, um local de proteção desse composto nocivo ao acervo. Os outros locais estão expostos e suscetíveis aos danos do ozônio, como desbotamento de corantes.

Palavras-chave: BTEX, biblioteca, patrimônio histórico-cultural.

ABSTRACT

At urban centers are found the highest levels of atmospheric pollutants, including Volatile Organic Compounds (VOCs) whose main sources are vehicular and industries emissions. An important group of these compounds are benzene, toluene, ethylbenzene and xylene (BTEX) that due to their human toxicity, a lot of research groups are interested on them. To analyze the air quality at indoor and outdoor environments. Accordingly, the main objective of this study was to quantify the concentrations of BTEX at the National Library of Brazil located in Rio de Janeiro – RJ (NB), for that it was monitored indoor and outdoor points of analysis, relating these concentrations to their possible sources and their relations between each other and farther with a secondary atmosphere compound, the ozone (O_3). Samples were collected between February and September, 2014, at the downtown of Rio de Janeiro using passive diffusion tubes Radiello®, BTEX were analyzed by GC–MS. The profile of BTEX concentrations was also found on many studies of literature. Toluene is the compound with the highest levels of concentration with maximum value of $25,1 \mu g m^{-3}$ and $2,71 \mu g m^{-3}$ for the minimum. BTEX concentrations were higher at the reception of the library than the others analyzed places. The range of benzene concentrations was between $0,41 \mu g m^{-3}$ and $3,95 \mu g m^{-3}$, and ethylbenzene was $0,31 \mu g m^{-3}$ and $19,1 \mu g m^{-3}$. The results on closed places, like a showcase that shows some rare pieces of the collection and a safe box, both placed at the same room, had the same concentration. To m,p-xylene, was registered the highest concentration of $5,71 \mu g m^{-3}$ and the minimum of $1,07 \mu g m^{-3}$, and to o-xylene, the compound with the lowest values of concentration, the range was between $0,18 \mu g m^{-3}$ and $3,65 \mu g m^{-3}$. Sites with less variation of temperature had lower concentrations of BTEX. It was concluded that there is protection of pieces at environments better climatize. About ozone, which is known by your oxidizing effect on materials, it was made a comparison with BTEX concentrations, in this case BTEX works like a plotter of VOCs inside the building of NB. It was observed that the group BTEX and the compound ozone are correlated and follow the same tendency of concentration at the analyzed points. At the showcase, it was registered the lowest concentration of ozone, so it's a site that protect the pieces of this specific compound harmful to collection. The others sites are exposed and susceptible to damages that come from contact with ozone like fading of dyes.

Keyword: BTEX, library, historical and cultural heritage

.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 - LOCALIZAÇÃO BIBLIOTECA NACIONAL.....	15
FIGURA 2 - BIBLIOTECA NACIONAL	17
FIGURA 3 - GERAÇÃO FOTOQUÍMICA DE OZÔNIO	21
FIGURA 4 - FORMAS ESTRUTURAIS DOS COMPOSTOS BTEX	22
FIGURA 5 - AMOSTRADOR PARA COV RADIELLO.....	31
FIGURA 6 - CONJUNTO DE AMOSTRAGEM PASSIVA PARA COVs.....	32
FIGURA 7 - LOCAIS AMOSTRADOS NA BIBLIOTECA NACIONAL. (a) Segundo andar, (b) terceiro andar (c) quarto andar.....	36
FIGURA 8 - CORREDORES (1), SETOR DE OBRAS GERAIS (2) E SETOR DE OBRAS RARAS (3) DA BIBLIOTECA NACIONAL	37
FIGURA 9 - ARMÁRIOS DA SEÇÃO DE MANUSCRITOS (4), SETOR DE ICONOGRAFIA (5), COFRE NO SETOR DE OBRAS RARAS (6) DA BN	38
FIGURA 10 - BOXPLOT TOLUENO	46
FIGURA 11 - BOXPLOT BENZENO	48
FIGURA 12 - BOXPLOT ETILBENZENO.....	49
FIGURA 13 - BOXPLOT M,P-XILENOS.....	49
FIGURA 14 - BOXPLOT O-XILENOS.....	50
FIGURA 15 - ENTRADA X RECEPÇÃO	53
FIGURA 16 - CONCENTRAÇÃO DE BTEX E DE OZÔNIO NA BIBLIOTECA NACIONAL...	59
QUADRO 1 - LOCAIS AMOSTRADOS NA BIBLIOTECA NACIONAL DO RIO DE JANEIRO	35
QUADRO 2 - CAMPANHAS DE AMOSTRAGEM DE BTEX NA BIBLIOTECA NACIONAL..	39

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - CONCENTRAÇÕES MÉDIAS DE BTEX ENCONTRADAS NA LITERATURA	Erro! Indicador não definido.
TABELA 2 - COMPARATIVO DE LIMITES PARA BTEX	26
TABELA 3 - RESULTADOS BTEX NA BN.....	43
TABELA 4 - COMPARAÇÃO DE RESULTADOS COM A LITERATURA	51
TABELA 5 - RELAÇÕES INTERNO X EXTERNO E NO SETOR DE OBRAS RARAS	52
TABELA 6 - CORRELAÇÕES DE BTEX NA BIBLIOTECA NACIONAL	54
TABELA 7 - CORRELAÇÕES BTEX E TEMPERATURA NA BIBLIOTECA NACIONAL	55
TABELA 8 - RELAÇÕES DE T/B, MP/B, X/B NA BIBLIOTECA NACIONAL.....	56
TABELA 9 - LEGISLAÇÃO E RESULTADOS	57

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ANFAVEA – Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores

ANP – Agência Nacional do Petróleo, gás natural e biocombustíveis

BN – Biblioteca Nacional

BTEX – Benzeno, Tolueno, Etilbenzeno, Xilenos

CG – Cromatógrafo a Gás

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo

CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente

COV – Compostos Orgânicos Voláteis

ES – Espectrômetro de massas

USEPA – *Environmental Protection Agency - United States* (Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos)

FBN – Fundação da Biblioteca Nacional

FJP – Fundação João Pinheiro – MG

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia

IARC – Agência Nacional de Pesquisa em Câncer

IPAC – Instituto Português de Acreditação

IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

IPP – Instituto Pereira Passos da Prefeitura do Rio de Janeiro

IUPAC – *International Union of Pure and Applied Chemistry* (União internacional de Química Pura e Aplicada)

LD – Limite de Detecção

LQ – Limite de Quantificação

NIOSH – *National Institute for Occupational Safety and Health* (Instituto Nacional para Saúde e Segurança Ocupacionais)

NOx – Óxidos Nitrosos

NR – Norma Regulamentadora

OSHA – *Occupational Safety and Health Administration* (Administração da Saúde e Segurança Ocupacionais)

O₃ – Ozônio

PNUD – Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento

PVA – Acetato de Polivinila

UNESCO – Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura

WHO – *World Health Organization* (Organização Mundial da Saúde)

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 OBJETIVOS	14
1.1.1 Objetivo geral	14
1.1.2 Objetivos específicos	14
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
2.1 A BIBLIOTECA NACIONAL DO BRASIL	15
2.1.1 As obras	17
2.2 BTEX	19
2.2.1 Efeitos dos BTEX na saúde	22
2.2.2 Efeitos dos BTEX no acervo	25
2.2.3 Legislação	26
3 METODOLOGIA	22
3.1 AMOSTRADORES	30
3.2. AMOSTRAGEM	34
3.2.1 Amostragem na Biblioteca Nacional	35
3.3 ANÁLISE	40
3.3.1 Extração	40
3.3.2 Condições de análise	40
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	42
4.1 CONCENTRAÇÕES	43
4.2 RAZÕES INTERNO/EXTERNO E CORRELAÇÕES	52
4.3 RELAÇÕES E FONTES	55
4.4 RISCO ÀS OBRAS E À SAÚDE	57
4.5 COMPARAÇÃO COM O OZÔNIO	58
5. CONCLUSÃO	60
REFERÊNCIAS	62

1 INTRODUÇÃO

Em centros urbanos encontram-se os maiores níveis de poluentes atmosféricos, dentre eles estão os Compostos Orgânicos Voláteis (COV) que tem como principal fonte as emissões veiculares e emissões industriais. Nessa classificação estão incluídos os compostos: benzeno, tolueno, etilbenzeno e xilenos (BTEX), que por serem tóxicos aos seres humanos têm despertado interesse da comunidade científica para análise da qualidade do ar tanto em ambientes externos quanto internos. No Brasil, estudos realizados em diferentes cidades e ambientes têm obtido resultados crescentes para as concentrações de BTEX no ar em grandes centros urbanos (GODOI, 2010).

Em uma região de clima tropical com localização costeira como a cidade do Rio de Janeiro, onde está localizada a Biblioteca Nacional do Brasil, as variações de umidade e temperatura dentro de um ambiente podem ser significativas e fazem parte da caracterização deste microclima. A provável presença de poluentes em um local circundado por intenso tráfego de veículos caracteriza o ambiente em contato com os documentos armazenados pela Biblioteca Nacional. Pode-se, assim, afirmar que nesta faixa climática tem-se uma condição relevante a ser considerada nas reações químicas que ocorrem sobre as superfícies dos artefatos e entre compostos químicos poluentes presentes.

Devido à sua toxicidade o BTEX pode causar diferentes efeitos tanto na saúde humana quanto em materiais. O benzeno é o composto mais tóxico dentre os BTEX, classificado como carcinogênico pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (USEPA, 1990) e pela Agência Internacional de Pesquisa em Câncer (IARC, 1982). O tolueno, em casos de contaminação grave, pode causar diminuição da capacidade auditiva e até surdez (CETESB, 2012b) sendo classificado pela IARC no Grupo 3 (sem oncogenicidade comprovada). Essa mesma agência classifica o etilbenzeno como possível cancerígeno humano com base em estudos que evidenciaram o aumento na incidência de adenomas (tumor de tecido epitelial benigno) em animais expostos por via inalatória. Além disso, esse grupo de compostos

pode causar um ambiente propício para a degradação de materiais devido ao seu potencial corrosivo (CARNEIRO, 2008).

No contexto de materiais propícios à degradação pode-se elencar quadros de pinturas e livros. Assim, uma biblioteca seria um ambiente sujeito aos efeitos deletérios de COV. No Brasil, a Biblioteca Nacional, patrimônio histórico da cultura brasileira, localizada na cidade do Rio de Janeiro, se apresenta como um local de fragilidade tanto para a saúde humana quanto para a conservação de obras.

A cidade do Rio de Janeiro, fundada no ano de 1565, passou por diversos momentos fundamentais para o país como a própria capital nacional desde o império em 1808, e após a implantação da República em 1889, até 1960 quando o Distrito Federal passou a ser em Brasília. Desde então a cidade foi amplamente povoada, abrigando 6.476.631 habitantes, segundo estimativa do IBGE para o ano de 2015 e ainda, a cidade possui uma frota de 2.576.947 de veículos (IBGE, 2016). Estas são características típicas de grandes centros urbanos influenciando negativamente a qualidade do ar.

A Biblioteca Nacional do Brasil, localizada no centro da cidade do Rio de Janeiro, foi considerada pela Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO), uma entre as dez maiores bibliotecas do mundo, e conserva atualmente mais de 10 milhões de itens. Salvaguardados pela Fundação da Biblioteca Nacional (FBN) (formada por equipes de administração, conservação e preservação de obras), o seu vasto acervo possui livros, material cartográfico, manuscritos, música e periódicos como também peças raras: a primeira obra original de *Os Lusíadas*, de Luís de Camões, trazida em 1808 pela família real portuguesa (BIBLIOTECA NACIONAL, 2015).

A biblioteca também abriga dois exemplares da *Bíblia de Mogúncia* (bíblia latina), impressos em 1462. Poemas escritos e autografados por Carlos Drummond de Andrade, a primeira edição da *Arte da gramática da língua portuguesa mais usada na costa do Brasil*, escrita por Padre Anchieta, bem como cartas referentes aos territórios de Portugal, das suas colônias e das conquistas no Ocidente e no Oriente datadas dos séculos XVI e XVIII também fazem parte dessa herança cultural (BIBLIOTECA NACIONAL, 2015).

Considerando sua importância como patrimônio histórico, a Biblioteca Nacional do Brasil é um ambiente a ser protegido. Sendo assim, serão apresentados os objetivos do presente estudo.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

O estudo proposto tem por objetivo geral identificar e quantificar os compostos orgânicos voláteis benzeno, tolueno, etilbenzeno, meta-, orto- e para-xilenos no ambiente interno e externo à Biblioteca Nacional do Brasil, localizada no centro do município do Rio de Janeiro-RJ, no período de 05 de fevereiro de 2014 a 06 de janeiro de 2015.

1.1.2 Objetivos específicos

- Quantificar as concentrações de benzeno, tolueno, etilbenzeno e meta-, para- e orto-xilenos em ambientes internos e externos na Biblioteca Nacional;
- Identificar a existência de possíveis fontes internas e externas de BTEX;
- Determinar as relações entre os compostos BTEX e a degradação dos materiais dispostos na biblioteca;
- Comparar as concentrações dos compostos BTEX com as de ozônio dentro e fora da biblioteca Nacional.

Este projeto visa fornecer informações sobre a concentração de benzeno, tolueno, etilbenzeno e xilenos (BTEX) nos ambientes internos e externos à Biblioteca, assim como valorizar a qualidade de vida dos usuários e trabalhadores da biblioteca por meio da identificação de possíveis concentrações que possam trazer efeitos deletérios a saúde humana e ao próprio acervo.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Para o estudo de BTEX na Biblioteca Nacional do Brasil é importante a descrição da área em que está situada, assim como o seu acervo e itens salvaguardados pela Fundação Biblioteca Nacional. A partir dessas informações é possível comparar esse estudo com outros estudos sobre BTEX.

2.1 A BIBLIOTECA NACIONAL DO BRASIL

A Biblioteca Nacional do Brasil (BN), inaugurada em 29 de outubro de 1910, está localizada no centro do município do Rio de Janeiro, mais especificamente na Praça Floriano, como mostra a FIGURA 1. Na mesma praça, encontram-se outros dois prédios de similar importância: o Teatro Municipal do Rio de Janeiro e o Museu Nacional de Belas Artes (FIGURA 1).

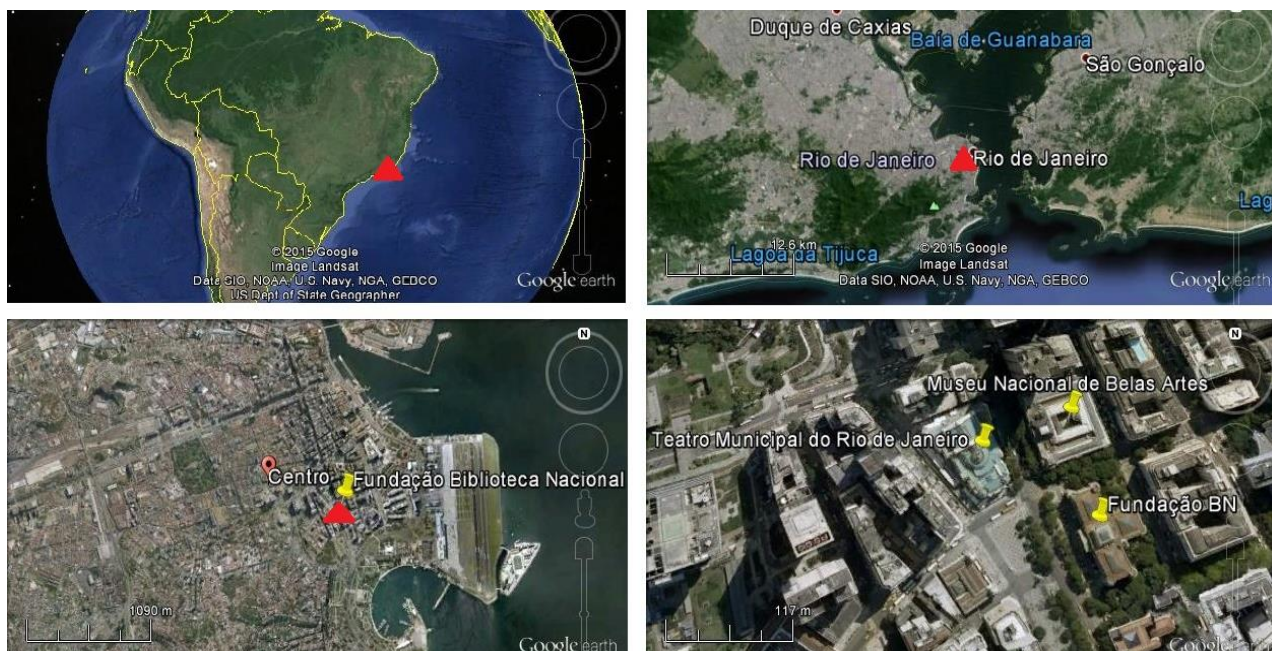


FIGURA 1 - LOCALIZAÇÃO BIBLIOTECA NACIONAL

FONTE: GOOGLE EARTH (2015).

A capital do Rio de Janeiro, segunda maior metrópole brasileira, possui o clima classificado como tropical, quente e úmido com variações locais devido às diferenças de altitude, vegetação e proximidade do oceano. A temperatura média anual é de 22°C, com médias diárias elevadas no verão (de 30°C a 32°C) e com chuvas variando de 1200 a 1800 mm anuais (INMET, 2015). Segundo dados do INMET, em 2014 a temperatura máxima média anual foi 29,8 °C e a mínima média anual 22 °C. A umidade relativa anual apresentou média de 69,5%, enquanto a precipitação acumulada máxima foi de 100 mm no mês de abril, com média anual de 49 mm. Segundo dados da rede de monitoramento da qualidade do ar na cidade do Rio de Janeiro (MonitorAr-Rio) a região central da cidade tem predominância de ventos vindos da direção leste e nordeste. Além disso, nesta região os prédios existentes canalizam os ventos vindos da baía de Guanabara, trazendo umidade.

O prédio da BN está localizado em uma área intensamente urbanizada e de intenso tráfego de veículos, próximo ao aeroporto Santos Dumont, a um terminal rodoviário e à entrada da Baía de Guanabara. No início da manhã e ao final da tarde o fluxo de veículos leves e pesados (principalmente ônibus urbano) aumenta gerando engarrafamentos e/ou fluxo lento de veículos.

A Biblioteca Nacional (FIGURA 2) atende a pesquisadores, estudiosos e consultores de seu acervo. A instituição atende mensalmente em média 4 mil usuários presenciais e 1,27 milhão de consultas aos catálogos digitais (SPINELLI JÚNIOR, 2010). Atualmente, a BN possui um acervo com mais de 10 milhões de itens, por isso foi considerada pela UNESCO como a sétima maior biblioteca nacional do mundo e a maior biblioteca da América Latina (BIBLIOTECA NACIONAL, 2015).

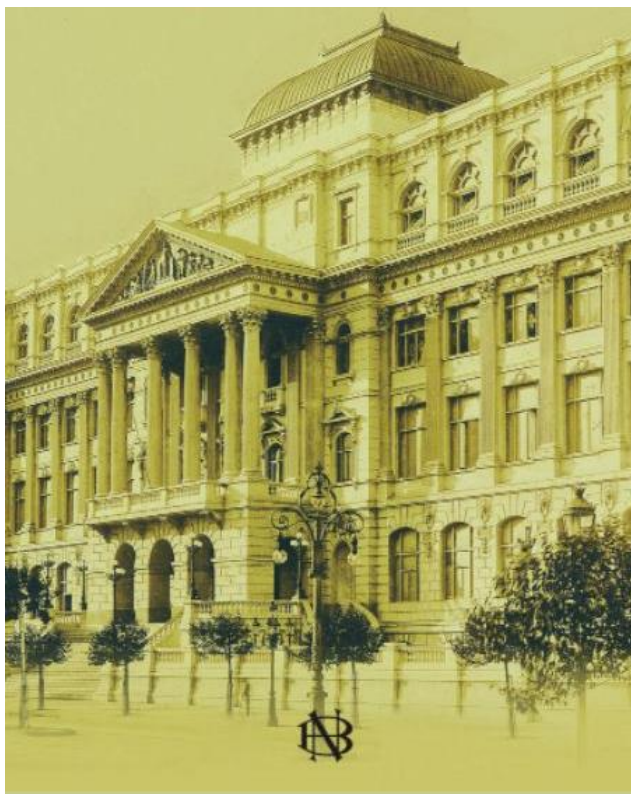


FIGURA 2 - BIBLIOTECA NACIONAL
FONTE: SPINELLI (2010)

2.1.1 As obras

Conhecer os materiais que compõem o acervo e o contexto ambiental da BN é o primeiro passo para estudar possíveis fontes de emissões de gases poluentes, de origem natural ou antropogênica, e para estudar como variações nas concentrações desses poluentes podem afetar as coleções e outros elementos patrimoniais por meio de reações químicas ou deposição.

Na biblioteca estão dispostos livros, mapas, fotografias, gravuras, documentos impressos e manuscritos. É chamado de suporte o material em que as informações estão registradas. No levantamento, foi possível identificar os suportes mais comuns: papel de trapo, papel madeira, papel vegetal, papel chouchê e pergaminho.

Segundo levantamento realizado junto à equipe da BN identificou-se que os papéis comuns, trapo e madeira são feitos de fibras vegetais, sendo que o papel trapo é fabricado a partir de fibras vegetais longas e o madeira de fibras curtas. O pergaminho era feito com peles de carneiro ou cordeiro. Encadernações recentes são

confeccionadas com material sintético, papel couchê, tecido, papelão ou madeira, enquanto as mais antigas eram confeccionadas em pergaminhos e couro bovino.

A Biblioteca possui um documento que reúne cuidados especiais com todo o acervo, o *Plano de Gerenciamento de Riscos: Salvaguarda & Emergência*. Publicado em 2010, esse documento tem como objetivo recolher, guardar e preservar o patrimônio bibliográfico brasileiro indicando os parâmetros de conservação a serem monitorados, visando evitar ou minimizar reações dos materiais usados na conservação e recuperação do acervo. O monitoramento contínuo de temperatura e umidade também faz parte dos cuidados tomados com o armazenamento dos documentos. Além disso, a Biblioteca Nacional conta com laboratório de restauração próprio onde são aplicadas técnicas para reverter os danos físicos ou químicos sofridos pelo acervo ao longo do tempo. Contudo, medidas de restauração só são aplicadas quando o estado físico do documento ameaça o seu conteúdo histórico pois são técnicas onerosas devido aos equipamentos, materiais e mão de obra especializada que exigem.

A acidez é evitada de várias formas pela equipe da biblioteca. Nas encadernações são utilizadas colas de acetato de polivinila (PVA) misturadas com carboximetilcelulose, a qual possui um caráter menos ácido que apenas o PVA ou as colas de amido. As linhas naturais para as costuras dos cadernos dos livros são feitas de algodão ou linho. Ainda, para evitar o contato das obras com materiais ácidos durante o acondicionamento, caixas são confeccionadas com cartão timbó ou papel *filifold*. Este último, possui como característica uma reserva de carbonato de cálcio que o torna mais resistente à acidificação, mesmo em ambientes com altos índices de poluentes.

Sobre as tintas e pigmentos usados nos registros manuscritos, mapas e alguns raros livros levantou-se o uso da tinta ferrogálica em escritas e desenhos. Nos itens mais recentes, as tintas são sintéticas para impressão, já em obras de arte há variados registros: nanquim, guache, *crayon*, sépia, grafite, e ainda as tintas usadas em impressões, como xilogravuras, metal, serigrafia, água-forte e água-tinta.

A qualidade do ar em ambientes internos é uma preocupação crescente, pois afeta tanto a saúde dos ocupantes do ambiente quanto, no caso de bibliotecas e museus, obras literárias e de arte, ali expostas ou armazenadas. Poucos são os locais históricos que possuem algum tipo de monitoramento ambiental no Brasil, mas temos como exemplo o estudo de Carneiro (2008) que analisou o museu Oscar Niemeyer,

localizado em Curitiba-PR. O museu foi avaliado quanto à qualidade do ar a partir da análise de BTEX, dentre outros compostos. O estudo baseou-se em evidências de que a poluição atmosférica afeta obras expostas e materiais guardados em vitrines fechadas e ambientes internos ao museu, e tomar medidas de conservação preventiva é um papel importante exercido por curadores e administradores de museus. Carneiro (2008) realizou duas campanhas de 1 semana cada. Como o museu é dividido em duas áreas diferentes, sendo o salão em formato de olho e o prédio principal, foram amostrados diferentes pontos em cada prédio. As obras expostas nas salas que apresentam concentrações mais elevadas de BTEX estão especialmente sujeitas a seus efeitos. Além de serem potencialmente corrosivos, são solventes e poderão agir sobre as tintas presentes nas obras, sendo assim particularmente danosos às pinturas.

2.2 BTEX

Dentre os compostos perigosos presentes em produtos derivados de petróleo estão os gases BTEX, são eles: Benzeno, Tolueno, Etilbenzeno e o grupo dimetilbenzeno do qual fazem parte os compostos orto-, meta- e para-Xilenos (TRIGUEIROS, 2008).

Quanto à composição química, os BTEX são classificados como Compostos Orgânicos Voláteis (COV), por possuírem carbono e hidrogênio em suas cadeias principais e apresentarem alta pressão de vapor, ou seja, chegarem a forma gasosa mesmo em baixas temperaturas. Eles são monoaromáticos e possuem elevado grau de toxicidade apresentando densidade maior que do ar atmosférico e se concentrando muito próximo ao solo (GODOI, 2010). Na FIGURA 4 estão representadas as formas estruturais dos BTEX.

O benzeno (C_6H_6) é um líquido incolor, volátil e inflamável largamente empregado na indústria química na síntese do etilbenzeno, fenol, ciclohexano e outros hidrocarbonetos aromáticos. Também é adicionado à gasolina como aditivo para aumentar a octanagem (CETESB, 2012a). Está na lista de Poluentes Perigosos Atmosféricos da USEPA, que é classificado como “*conhecido carcinógeno humano*”. O benzeno está presente no dia a dia da população, principalmente em postos de

gasolina (GODOI, 2010) e é utilizado na produção de borrachas, plásticos, *Nylon*, pesticidas e tintas.

O tolueno ($C_6H_5CH_3$) é um líquido incolor com odor adocicado e característico, na forma pura contém traços de benzeno como impureza (menos que 0,01%). O produto comercial pode conter até 25% de benzeno. O principal uso do composto é como mistura (benzeno-tolueno-xileno BTX) na gasolina. Também é empregado como solvente em tintas, revestimentos, óleos e resinas, matéria-prima na produção de benzeno, fenol e outros solventes orgânicos, e na fabricação de polímeros e borracha (CETESB, 2012b). Em ambientes internos podem ocorrer maiores níveis de tolueno que dos outros BTEX, pode ser usado em maior quantidade nos solventes em, por exemplo, colas para pisos e tintas comuns (BRICKUS, 1998).

O etilbenzeno (C_8H_{10}) é um líquido incolor, inflamável e com odor semelhante ao da gasolina, utilizado principalmente na produção de estireno. Menos de 1% do composto é empregado como solvente para tintas ou intermediário na fabricação de dietilbenzeno e acetofenona. Está presente em xilenos mistos com concentrações entre 15 e 20% (CETESB, 2012c) e é usado na produção do estireno e polímeros sintéticos.

O xileno (C_8H_{10}) é um hidrocarboneto aromático constituído por uma mistura de 3 isômeros: ortoxileno (o-xileno), meta-xileno (m-xileno) e para-xileno (p-xileno). O xileno comercial geralmente contém 20% do isômero orto, 40% do isômero meta e 20% do para-xileno, com 15% de etilbenzeno e pequenas quantidades de outros hidrocarbonetos aromáticos. Os três xilenos são usados individualmente como matéria-prima em vários processos industriais, como na indústria química, de plásticos, couro, tecidos e papéis, componentes de detergentes, solventes para tintas e lacas, revestimentos e adesivos, em mistura da gasolina, além de serem utilizados na produção de bactericidas, herbicidas e óleos lubrificantes (CETESB, 2012d; TRIGUEIROS, 2008).

Os BTEX podem ser vistos como um traçador de compostos orgânicos voláteis no ambiente. Esses compostos associados aos óxidos de nitrogênio (NO_x) e luz solar, tornam-se precursores de compostos secundários como o ozônio (O_3) formado na troposfera (GROSJEAN, 1998). De maneira menos contributiva, o O_3 pode ser emitido diretamente para a atmosfera por equipamentos como fotocopiadoras, filtros de limpeza de ar e equipamentos de higienização (BRICKUS, 1999). A formação

de ozônio a partir de compostos orgânicos voláteis associados a óxidos nitrosos e luz está representada na FIGURA 3.

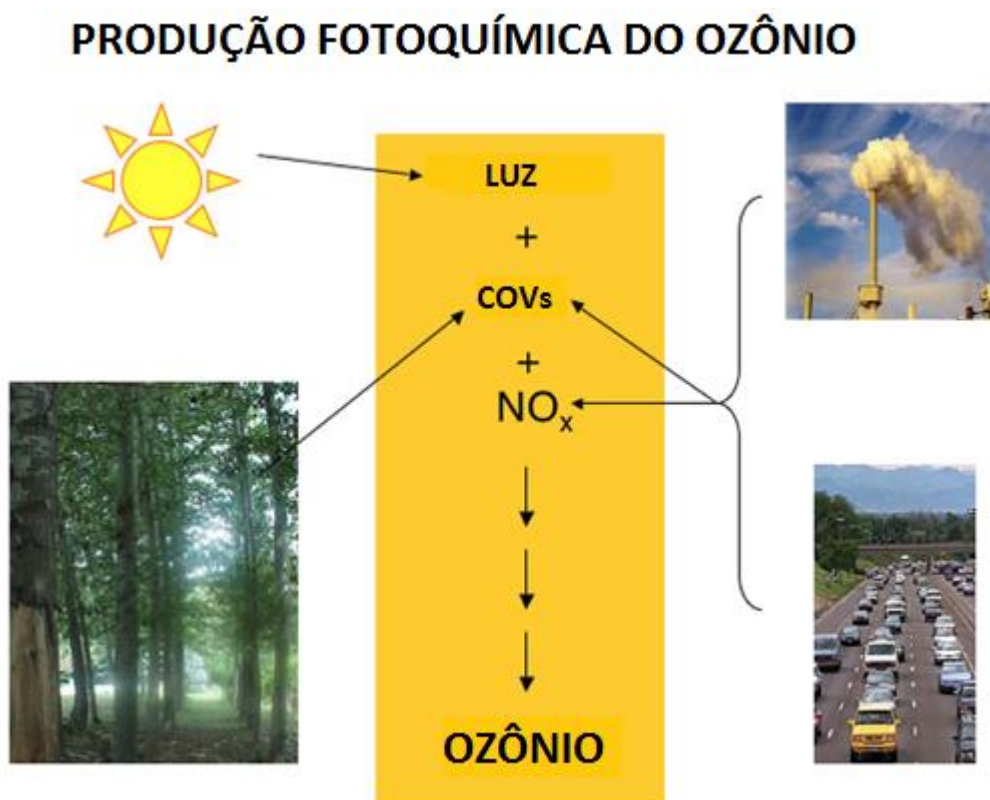


FIGURA 3 - GERAÇÃO FOTOQUÍMICA DE OZÔNIO

Em centros urbanos há altos índices de poluição atmosférica advinda de emissões veiculares e fontes industriais, sendo as fontes relacionadas ao trânsito consideradas as mais importantes para a emissão de BTEX, tanto interna quanto externamente (BRICKUS, 1998). Em processos industriais, os BTEX são liberados para o ambiente por evaporação, vazamento de tanques combustíveis ou ainda da falta de manutenção de máquinas (SADEGH, 2015). Os compostos BTEX estão presentes em combustíveis derivados de petróleo e correspondem ao maior constituinte da gasolina (TRIGUEIROS, 2008).

As principais fontes internas desses compostos são de materiais que os contém em sua composição química, por exemplo, tintas, ceras, detergentes, alguns materiais de construção adesivos, solventes, volatilização, combustão, pintura, fumaça de cigarro, atividades de limpeza, fotocopiadoras e impressoras a laser (KUMAR, 2013; GIODA, 2003).

A correlação entre cada composto do grupo BTEX e suas fontes é imprescindível para interpretar resultados das análises químicas.

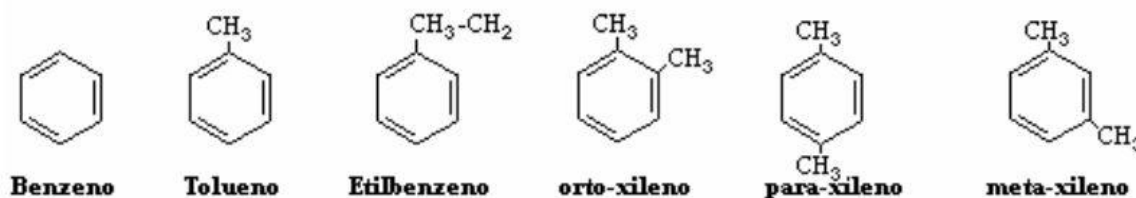


FIGURA 4 - FORMAS ESTRUTURAIS DOS COMPOSTOS BTEX

FONTE: PICELI (2005)

2.2.1 Efeitos dos BTEX na saúde

Frequentemente compostos no ar se concentram em ambientes internos e podem ocasionar efeitos deletérios para a saúde dos que ali convivem (BAIRD, 2011). Segundo Cavalcanti (2010) os efeitos à saúde podem ser assim classificados como:

- Agudos — originam-se de episódios em que os poluentes ultrapassam os níveis regulares de sua concentração gerando efeitos imediatos, muitas vezes temporários, como irritação nos olhos, tosse e até efeitos graves, como o aumento de mortalidade. Os efeitos agudos são, em geral, reversíveis (como é o caso das irritações nos olhos) e ocorrem quando há condições climáticas adversas, com consequente aumento da concentração de poluentes.

- Crônicos — de caráter permanente, podem ocasionar prejuízos à visibilidade e à saúde das pessoas, causando-lhes incômodo e desconforto (danos sociais). Os efeitos crônicos consistem numa intoxicação gradativa, causada pela presença no ar de gases tóxicos e partículas em suspensão, provocando afecções das vias respiratórias mais ou menos permanentes (asma e bronquite, por exemplo)

Os compostos BTEX são considerados substâncias perigosas aos seres humanos, principalmente por serem depressores do sistema nervoso central, além de causarem danos ao sistema respiratório, gastrointestinal, reprodutivo e outros efeitos. No ambiente, são altamente poluentes devido a sua alta toxicidade e solubilidade em água (TRIGUEIROS, 2008). Tanto os efeitos agudos quanto os crônicos podem surgir dependendo do tempo de exposição e concentração dos compostos no ambiente.

O benzeno pertence ao Grupo A da classificação da IARC (Agência Internacional de Pesquisa em Câncer) como cancerígeno humano (CETESB, 2012a). As taxas de leucemia aumentam devido às exposições crônicas a níveis ocupacionais do benzeno (BAIRD, 2011). O nível máximo de exposição do benzeno no ar é definido pelas administradoras norte-americanas, OSHA (*Occupational Safety and Health Administration*) e FDA (*US Food and Drug Administration*), em uma parte por milhão (ppm) durante um período de oito horas e 40 horas semanais de trabalho, e não deve ser superior a 5 ppm em qualquer momento. A Organização Mundial da Saúde, no ano 2000, estimou que concentrações de benzeno de $1,7 \mu\text{g.m}^{-3}$ podem causar 10 casos de leucemia em cada um milhão de habitantes.

A inalação de altas concentrações do composto por curto tempo pode causar sonolência, enjôo, aceleração do ritmo cardíaco, cefaléia, tremor, confusão mental e inconsciência. A ingestão de alimentos e bebidas contaminados com altos teores de benzeno pode produzir vômito, irritação no estômago, enjôo, sonolência, convulsão, aceleração do batimento cardíaco e morte (CETESB, 2012a).

O tolueno é neurotóxico e hepatotóxico enquanto que os xilenos são nefrotóxicos, neurotóxicos e fototóxicos (BOECHAT, 2011). A principal via de exposição ao tolueno é por inalação e sua ação tóxica ocorre no sistema nervoso central (SNC). Os efeitos da exposição a baixas concentrações do composto são: fadiga, sonolência, debilidade e náusea. Esses sinais e sintomas geralmente desaparecem quando cessa a exposição. A inalação por longo prazo pode irritar as vias aéreas e olhos, também pode causar dor de garganta, tontura e cefaléia. Nos casos mais graves pode ocorrer diminuição da capacidade auditiva e até surdez (CETESB, 2012b).

A exposição ao etilbenzeno pode ocorrer por inalação do vapor/ névoa, contato dérmico e ingestão. A curto prazo, a exposição pode irritar os olhos, nariz e vias aéreas, também pode causar vermelhidão, bolhas na pele, fadiga, tontura e falta de coordenação. Já a longo prazo pode provocar fadiga, cefaleia, irritação dos olhos e vias aéreas. Se for pelo contato dérmico repetido pode causar ressecamento e dermatite. A Agência Internacional de Pesquisa em Câncer (IARC) classifica o etilbenzeno como possível cancerígeno humano (Grupo 2B) com base em estudos que evidenciaram aumento na incidência e adenomas em animais expostos por via inalatória (CETESB, 2012c).

Assim como os demais, a principal via de exposição ao xileno é a inalatória e seus principais efeitos na saúde são irritação aos olhos, pele e mucosas. A exposição a curto prazo pode causar dispneia, irritação dos olhos e garganta, vômito, desconforto gástrico, entre outros sinais e sintomas. A longo prazo, trabalhadores que inalaram misturas de xilenos demonstraram narcose, irritação do trato respiratório e edema pulmonar (CETESB, 2012d).

2.2.2 Efeitos dos BTEX no acervo

O acervo da Biblioteca Nacional do Brasil é vasto e composto de diversos materiais, que possivelmente podem tanto sofrer danos irreversíveis devido aos poluentes quanto agir como fonte dos mesmos. A presença de contaminantes químicos pode danificar o material artístico e bibliográfico mantido em museus e bibliotecas (BRICKUS, 1998).

Os materiais orgânicos em geral, especialmente os de origem natural, como o papel, o couro e o pergaminho, necessitam de uma determinada quantidade de água em sua estrutura molecular. Em ambientes úmidos, como na maior parte do Brasil, estes materiais tendem a absorver água. O excesso de umidade favorece a combinação com poluentes atmosféricos, formando ácidos, que por sua vez promovem reações de hidrólise da celulose. O desenvolvimento de microorganismos, responsáveis pela deterioração biológica, também está ligado a essas condições (BRICKUS, 1998).

Os compostos orgânicos voláteis podem estar presentes dentro de vitrines de exposição, pois os selantes e colas utilizados para a sua montagem podem emitir esses compostos. Dentro de um ambiente selado como uma vitrine expositiva, os compostos tendem a se concentrar, devido à minimização de troca de ar com o ambiente externo, o que acelera a deterioração dos artefatos que estão sendo expostos em seu interior (CAMUFFO *et al.*, 2000).

Segundo Brickus (1998), o tolueno é comumente utilizado na fabricação de solventes, fazendo parte de sua constituição, sendo possível que as tintas utilizadas para a escrita e para a manutenção da biblioteca liberem esse composto, ocasionando danos às obras direta e indiretamente, por exemplo, através da formação de poluentes secundários, como o ozônio, que também possui poder de deteriorar as obras do acervo.

De acordo com Salmon *et al.* (2000) os principais danos aos materiais causados pelo gás ozônio podem ser observados na forma de desbotamento de corantes e pigmentos orgânicos. O ozônio é um gás oxidante e pode deteriorar materiais no acervo e mobiliário na Biblioteca Nacional a partir de reações químicas como ozônio e borracha, que geram uma série de produtos de oxidação (BRICKUS, 1998).

2.2.3 Legislação

No Estado do Rio de Janeiro, de acordo com o decreto nº 44072 de 18/02/2013, os padrões estaduais de qualidade do ar são os mesmos que os padrões nacionais estabelecidos pela Resolução CONAMA 03/90. O CONAMA (Conselho Nacional de Meio Ambiente) não sugere valores específicos para os compostos BTEX, estes limites são estipulados na legislação brasileira pelo Ministério de Trabalho, através do Decreto-Lei nº 5452 de 1943, estabelecidos na Norma Regulamentadora (NR) 15 que limita os BTEX apenas nos ambientes industriais. Como a maioria dos compostos não foram submetidos a todos os testes de toxicidade necessários é possível que, tanto no setor industrial quanto em ambientes interiores, os indivíduos estejam expostos a uma carga mais elevada de poluentes do que seria recomendável (GIODA, 2003).

Em outros países, há mais rigor quanto aos níveis legislados para os BTEX, apesar de já ter se comprovado a carcinogenicidade do benzeno e não haver limites seguros para ter contato com essa substância. Na TABELA 2, constam os valores legislados no Brasil pelo CONAMA e nos Estados Unidos, de acordo com dois órgãos diferentes (NIOSH e OSHA). Para ambientes ocupacionais, a *Occupational Safety and Health Administration* (OSHA) é responsável pela questão de prevenção de acidentes do trabalho, doenças e acidentes mortais no trabalho através de normas de segurança e saúde no trabalho. A agência federal americana responsável por pesquisas e emissão de recomendações para a prevenção de doenças, a *National Institute for Occupational Safety and Health* (NIOSH) estabeleceu diferentes valores limitantes de BTEX.

TABELA 1 - COMPARATIVO DE LIMITES PARA BTEX

	NR - 15 (mg m ⁻³) 48h/semana	CONAMA (mg m ⁻³)	NIOSH (mg m ⁻³)	OSHA (mg m ⁻³)
Benzeno	3,19 - 7,97	NC	0,325	3,25
Tolueno	290	NC	375	766
Xilenos	340	NC	435	435

*NC: não consta

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

No Rio de Janeiro-RJ, Gioda (2002) fez uma compilação dos estudos sobre a qualidade do ar em interiores que até então haviam sido publicados no Brasil. Dos estudos compilados na cidade do Rio de Janeiro, foram citados: escritórios, local industrial, uma pista de kart, um edifício de escritórios, um prédio no qual realizaram a limpeza de dutos e outro no qual não houve limpeza de dutos, a biblioteca de Manguinhos (FIOCRUZ-RJ), uma gráfica e conjunto de residências. Foram analisados benzeno, tolueno e xilenos (BTX) nesses estudos apresentados pelos autores e foram feitas comparações entre as concentrações internas e externas desses locais. São apresentadas, nos resultados de concentrações internas, as faixas de 2,5-24,9 $\mu\text{g m}^{-3}$ para o benzeno; 208,0-2921,4 $\mu\text{g m}^{-3}$ para o tolueno; e 18,7-496,3 $\mu\text{g m}^{-3}$ para os xilenos. Nos resultados de concentrações externas foram obtidas as faixas de: 2,1-9,2 para o benzeno; 37,6-79,3 $\mu\text{g m}^{-3}$ para o tolueno e 5,2-14,3 $\mu\text{g m}^{-3}$ para os xilenos. Os autores concluíram que há a necessidade de mais estudos sobre a qualidade do ar interno no país, devido ao fato que alguns estudos obtiveram concentrações mais altas que as previstas em legislações nacionais e internacionais.

Righi *et al* (2002) estudou a qualidade do ar interno de quatro bibliotecas italianas na Universidade de Modena e Reggio Emilia situada em Modena. Esse estudo apresentou as médias para tolueno nos locais analisados como: 19, 16 e 46 $\mu\text{g m}^{-3}$, pois em uma das bibliotecas a amostra esteve abaixo do limite de quantificação. As quatro bibliotecas têm características semelhantes quanto às suas localizações, por estarem situadas dentro do campus universitário, que é suburbana. Todas têm ventilação natural através de janelas e mobília similar com estantes metálicas, e ainda, os pisos são revestidos de linóleo.

Os BTEX foram medidos em dezesseis bibliotecas universitárias em Modena na Itália no ano de 1996, e as médias dos valores dos compostos de acordo com a localização foi apresentada por Fantuzzi (1996). Todas dezesseis bibliotecas estão em diferentes prédios na cidade de Modena- Itália e nove delas estão situadas em prédios novos (construções após 1970) e sete em prédios antigos (construções de XVII a XIX), também possuem em comum a ventilação natural por janelas. Nove bibliotecas são muito pequenas (100m²) compostas por uma ou duas salas, seis são maiores (entre 100 e 1000m²) com quatro a seis salas e em torno de 80 assentos, e

por fim uma possui mais de 1000m², sendo a maior do estudo. Os pisos são de linóleo em sete bibliotecas, *carpet* em duas, mármore e azulejos em oito. As paredes contêm gesso em todas as bibliotecas estudadas pelos autores. Dez bibliotecas possuem estantes e mesas metálicas, assim como mobiliário moderno de escritório. Três bibliotecas possuem mobiliário antigo de madeira. O uso de sete bibliotecas é frequente pelo grande número de estudantes que as acessam por longos períodos do dia, e as outras nove (as menores) são abertas por menos tempo e com acesso menos frequente.

Fantuzzi (1996) deixa apresenta os parâmetros de microclima, que mostraram a média da temperatura em 21,5 °C, sendo o máximo de 26,5°C e o mínimo de 19,5°C. As concentrações apresentadas pelos autores, nas bibliotecas centrais, foram de 11 µgm⁻³ para o benzeno interno e externo, e 22 a 32,5 µgm⁻³ para o tolueno, interno e externo respectivamente e para o m,p-xileno o resultado foi de 38 µgm⁻³ para a concentração interna e 58 µgm⁻³ para a externa. Para as bibliotecas não-centrais, as concentrações interno e externo foram de: 8,9 e 4,4 µgm⁻³ para o benzeno; 24,5 e 16 µgm⁻³ para o tolueno e 25,5 e 24 para o µgm⁻³ m,p-xileno. A média dos resultados não demonstraram diferença significativa entre as bibliotecas, considerando a idade dos prédios e o tipo de mobília. No geral, nas bibliotecas centrais encontrou-se concentrações externas maiores que as internas, e nas não-centrais o oposto foi detectado, mas ainda assim as diferenças estatísticas não são significativas. Os autores indicam a probabilidade de que as janelas estão abertas com bastante frequência devido ao clima da região.

A biblioteca estudada por Min (2008) na Inglaterra apresentou concentrações de BTEX: 8,8; 21,2; 3,5; 12,3 e 3,5 µgm⁻³ para benzeno, tolueno, etilbenzeno, m,p-xileno e o-xileno respectivamente.

O estudo realizado por Allou et al (2008) foi realizado em vinte bibliotecas em Strasbourg na França, em maio e junho de 2005, usando o método Radiello por amostragem passiva. As concentrações de BTEX foram apresentadas pelas médias: 0,2; 3,8; 0,8; 1,9 e 0,5 µg m⁻³ para benzeno, tolueno, etilbenzeno, m,p-xileno e o-xileno, respectivamente. Nenhuma das bibliotecas estavam próximas a ruas com tráfego intenso e apenas uma havia recentemente recebido nova pintura, mas cinco bibliotecas estavam situadas próximas a um, ou mais, laboratórios que utilizam uma variedade de solventes químicos.

Kumar (2013) estudaram uma biblioteca na Universidade de Jawaharlal Nehru na Índia, com diferentes microambientes, durante verão e inverno de 2011 e 2012. Os autores concluíram que os resultados das concentrações internas foram maiores que as externas nas duas estações, e os compostos mais abundantes foram tolueno e m,p-xilenos. Nos resultados de Kumar (2013) são apresentados os valores de benzeno, tolueno, etilbenzeno, m,p-xilenos e o-xilenos respectivamente obtiveram as concentrações pro inverno de: 11.9, 34.9, 6.5 e 7.8 $\mu\text{g m}^{-3}$ e pro verão de 14.0, 39.3, 10.9, 8.9 $\mu\text{g m}^{-3}$.

4 METODOLOGIA

Serão apresentados aqui como foram realizados a amostragem e as análises cromatográficas.

Para realização do estudo foram escolhidos oito locais de amostragem na Biblioteca Nacional do Brasil, e a amostragem foi realizada durante os meses de fevereiro de 2014 a novembro do mesmo ano.

O estudo foi realizado na sede da Fundação Biblioteca Nacional, situada no centro da cidade do Rio de Janeiro, 22° 54' 10" S 43° 12' 27" O, a dois metros de altitude do nível do mar.

O processo desse estudo sobre a qualidade do ar com relação aos compostos BTEX na Biblioteca Nacional foram realizadas como indicado no fluxograma abaixo.

Biblioteca

- Escolha dos locais de amostragem em 8 pontos iniciais
- Amostragem

Laboratório

- Otimização do método de identificação de BTEX no GC-MS
- Determinação da curva de calibração
- Extração das amostras com CS_2
- Análise de cada amostra

Tratamento de Dados

- Cálculo das concentrações dos compostos em cada local de amostragem
- Cálculos estatísticos

4.1. AMOSTRADORES

A utilização de amostradores passivos no monitoramento de gases ou vapores tem se tornado uma alternativa atraente devido às vantagens que apresentam quando comparados às técnicas ativas: são simples, de baixo custo, pequenos e leves, facilitando o transporte para locais de difícil acesso, não exigem energia elétrica, calibrações periódicas, medidas do volume de ar amostrado e nem pessoal técnico permanentemente no local de amostragem (CRUZ, 2008).

Na amostragem ativa, o ar é aspirado para dentro do dispositivo de amostragem com o auxílio de uma bomba a vácuo, sendo necessária a utilização de medidores de fluxo de ar para a determinação do volume de ar ou da taxa de amostragem (CRUZ, 2008). O uso de bombas representa uma dificuldade logística, principalmente em áreas remotas, exigindo baterias ou uma linha de energia elétrica.

Amostradores ativos estão sujeitos ao '*breakthrough effect*', ou seja, em um determinado momento, o material de adsorção fica saturado e qualquer bombeamento após esse instante leva à perda de analito e consequentemente à subestimação da concentração no ambiente. A extensão desse fenômeno depende da faixa de concentração do composto, do fluxo de ar, do composto químico envolvido assim como do excesso de volume da amostragem. Já a amostragem passiva não é submetida a este efeito o que a torna vantajosa (RADIELLO, 2006). Vale ressaltar que, a amostragem passiva apresenta como resultado um valor médio de todo o período de amostragem, não sendo possível a percepção de eventos diários de alta ou baixa concentração dos analitos, mas a taxa de amostragem é alta para uma variedade de compostos, permitindo medidas exatas de concentrações mesmo após exposições curtas (GODOI, 2010).

A amostragem passiva radial, facilitada pela forma cilíndrica, difere das axiais pela maior área de superfície disponível para a difusão, o que aumenta em torno de 100 vezes a taxa de amostragem (HERTEL, 2001).

Para retenção dos compostos BTEX presentes no ar foram utilizados amostradores passivos de difusão radial da marca Radiello® - código 130, fabricados pela *Fondazione Salvatore Maugeri* (Padova, Itália). Sem necessidade de eletricidade, também por ser pequeno e leve, esses amostradores se mostram práticos para

variados locais de amostragem, além de não interferir com os materiais constituintes do acervo.

Os amostradores têm simetria radial e são compostos por uma malha cilíndrica de aço inoxidável, com 100 mesh de abertura e 5,8 mm de diâmetro, e são preenchidos com aproximadamente 530 ± 30 mg de carvão ativado com tamanho de partícula de 35-50 mesh, conforme foto na FIGURA 5. O carvão ativado permite a adsorção dos gases que, posteriormente serão desorvidos pela extração química com imersão no composto dissulfeto de carbono (CS_2). Esse tipo de amostrador é destinado especificamente à amostragem de compostos orgânicos voláteis (RADIELLO, 2006).

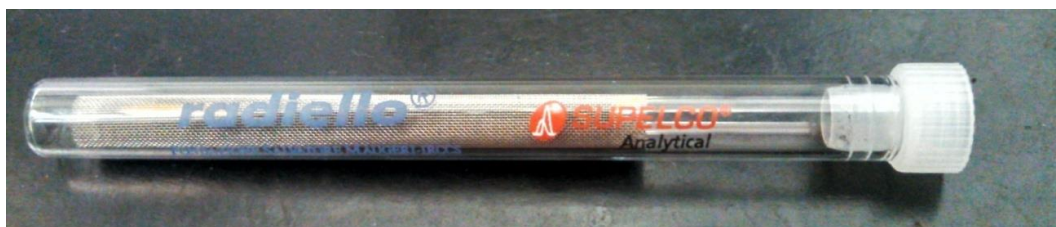


FIGURA 5 – AMOSTRADOR PARA COV RADIELLO
FONTE: A AUTORA (2015).

A calibração dos amostradores é realizada pelo próprio fabricante a partir de uma câmara de atmosfera padrão, na qual há controle dos fluxos e das concentrações de cada composto estudado ou de misturas desses compostos que variam de $1 \mu\text{g.m}^{-3}$ a $1\,000 \text{ mg.m}^{-3}$. Para utilizar esse método a temperatura pode variar de -20°C à 60°C e a umidade relativa de 5% a 100% (RADIELLO, 2006). A variação da velocidade do ar é de 0,1 até 10 m.s^{-1} . Todos os parâmetros são gravados e disponibilizados nos documentos de certificação dos amostradores (COCHEO *et al.*, 2008).

Para validação dos cálculos de incerteza, Cocheo *et al.* (2008) testaram os amostradores e a incerteza dos amostradores foi calculada a partir de um modelo matemático. Segundo os autores a incerteza é importante pois concentra erros de variadas fontes. Cocheo (2008) determinaram a incerteza absoluta, referente aos compostos estudados para esses amostradores, essas estão na Tabela 3 e foram estimadas a partir das menores e maiores concentrações estudadas no artigo. A comparação dos níveis de concentração medidos entre as amostragens passivas e ativas demonstra coeficientes de correlação $R \geq 0,98$ ($p < 0,01$) para todos os compostos. Assim ambos os métodos de amostragem têm comportamento

semelhante, mas com valores diferentes. Portanto, de acordo com o resultado apresentado na referência, ambos os métodos são compatíveis.

TABELA 3 - INCERTEZAS ESTIMADAS DOS AMOSTRADORES

Compostos	Incerteza ($U = \sqrt{s^2 + (\Delta y)^2}$)	Concentrações mínima e máxima ($\mu\text{g m}^{-3}$)
Benzeno	0.4	2.4
	2.5	14.3
Tolueno	1.9	9.1
	4.3	48.1
Etilbenzeno	0.6	1.9
	1.4	9.1
p,m-Xileno	1.2	6.9
	2.6	32.9
o-Xileno	0.7	2.0
	1.8	12.1

FONTE: COCHEO, *et al* (2008).

Para a equação da incerteza, foi considerado U sendo a incerteza, s como a variância do método testado e Δy representando a diferença entre as variáveis estimadas (Cocheo, 2008).

Para permitir a passagem apenas dos gases amostrados usou-se um tubo permeável chamado de corpo de difusão, no qual o cartucho adsorvente é inserido. Na FIGURA 6 observa-se o corpo de difusão, o qual possui 60 mm de altura e 16 mm de diâmetro e o tubo permeável de cor branca (código 120). O amostrador esteve acoplado à placa de suporte, que tem como função adicional levar a identificação por uma etiqueta em cada tubo adsorvente, assim como datas e horários de amostragem.



FIGURA 6 – CONJUNTO DE AMOSTRAGEM PASSIVA PARA COV.
FONTE: RADIELLO (2015).

A taxa de amostragem (Q_k) é função do coeficiente de difusão do composto estudado, o que por sua vez varia com a temperatura. A própria fabricante Radiello disponibiliza em seu site (RADIELLO, 2016) valores de taxas de amostragem medidas a 25°C e 1013 hPa para variados compostos dispostos em uma tabela, assim como fornece a equação abaixo que pode ser usada para corrigir as condições observadas no momento da amostragem. Portanto é de extrema importância conhecer a temperatura média durante a amostragem para garantir a exatidão dos dados obtidos experimentalmente.

$$Q_k = Q_{298} \left(\frac{K}{298} \right)^{\frac{1}{5}}$$

EQUAÇÃO 1- CORREÇÃO DA TAXA DE AMOSTRAGEM

Legenda:

Q_k é a taxa de amostragem ($\text{cm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$) à temperatura da amostragem (Kelvin);

Q_{298} é a taxa de amostragem tabelada a 298 K;

K é a temperatura medida durante a amostragem.

A taxa de amostragem não varia com a umidade na faixa de 15 a 90%, e com a velocidade do vento entre 0,1 e 10 $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$. Já com relação à temperatura, a taxa chega a 5% de variação quando a temperatura difere em 10°C (ou acima ou abaixo) da temperatura ambiente de 25°C. As taxas de amostragem tabeladas do benzeno, tolueno, etilbenzeno e xileno são, respectivamente, 80, 74, 68 e 61.

Para o cálculo da concentração média no ar de determinado composto químico, deve-se levar em consideração o tempo de exposição da amostra, de acordo com a EQUAÇÃO 2.

$$C = \frac{m}{Q \cdot t} \cdot 10^6$$

EQUAÇÃO 2- CONCENTRAÇÃO MÉDIA NO AR

Legenda:

C é a concentração média ($\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$);

m é a massa do analito (μg), obtida multiplicando-se a quantidade presente no amostrador em $\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ pela massa de dissulfeto de carbono (CS_2) em gramas utilizada para extração;

t é o tempo de exposição em minutos;

Q é a taxa de adsorção do composto analisado, encontrada a partir da EQUAÇÃO 1;

10^6 é o fator de conversão de unidades (cm^3 para m^3).

4.2. AMOSTRAGEM

Um sistema ideal de amostragem de ar deve atender aos seguintes requisitos:

- A amostra deve ser representativa da matriz;
- o procedimento de amostragem deve ser simples, para que possa ser utilizado em qualquer região (inclusive em áreas remotas);
- o tamanho da amostra obtida deve ser compatível com a sensibilidade do método analítico e, não devem ocorrer perdas e/ou degradação da amostra durante o período de amostragem, ou durante o tempo entre a amostragem e a análise.

A escolha inadequada do método pode levar à formação de contaminantes e interferentes durante a amostragem e no período anterior à análise química, gerando falsos resultados (CRUZ, 2008).

Nesse estudo, buscou-se uma amostragem comprovadamente válida, assim como os métodos de análise, que garantissem os requisitos citados acima gerando assim resultados confiáveis.

A biblioteca possui um sistema de monitoramento de temperatura e umidade em cada setor amostrado. Mesclando esses dados com os medidores automáticos (*dataloggers*) colocados para o estudo junto aos amostradores obteve-se as informações referentes à temperatura para os cálculos de concentração.

Devido ao fato dos BTEX apresentarem densidade maior que a do ar, e por isso se concentrarem próximos ao solo, dois amostradores foram posicionados a uma altura média de 1,5 m (próximos à zona de respiração dos indivíduos), conforme critério adotado por Zabiegala *et al.* (2002). Os amostradores foram armazenados refrigerados após a amostragem até o momento da análise.

4.2.1 Amostragem na Biblioteca Nacional

A escolha dos locais amostrados, a descrição dos locais e da importância de cada um para a preservação do patrimônio histórico-cultural do país, assim como o processo de amostragem durante o estudo na Biblioteca Nacional do Brasil são detalhados nesse item para conhecimento mais completo do leitor.

4.2.1.1 Locais de amostragem

Para a escolha dos locais internos a serem amostrados considerou-se a importância do acervo em cada ambiente. Além disso, um ponto externo foi selecionado, com intuito de comparação e quantificação da influência da poluição externa sobre as obras no interior da BN, dependendo dos compostos reagentes com as obras.

Para melhor entendimento, os locais serão identificados no texto por um código de letras conforme apresentado no QUADRO 1.

QUADRO 1 – LOCAIS AMOSTRADOS NA BIBLIOTECA NACIONAL DO RIO DE JANEIRO

Setor	Locais	Código
Entrada	Porta (externo)	A
	Recepção principal	B
Iconografia	Armário IC	C
Manuscritos	Gaveta	D
Obras Gerais	Estante nº 144	E
Obras Raras	Cofre	F
	“Cemitério ”	G
	Vitrine	H
	Estante P22-A	I
Periódicos	Estante nº 124	J
	Estante nº 300	K

A FIGURA 7 apresenta a localização de cada ponto de amostragem nas plantas do prédio da BN, conforme o código de letras definido anteriormente.

No segundo andar encontra-se o setor de iconografia, no terceiro andar os setores de manuscritos, obras-gerais e obras-raras, e no quarto andar está o setor de manuscritos.

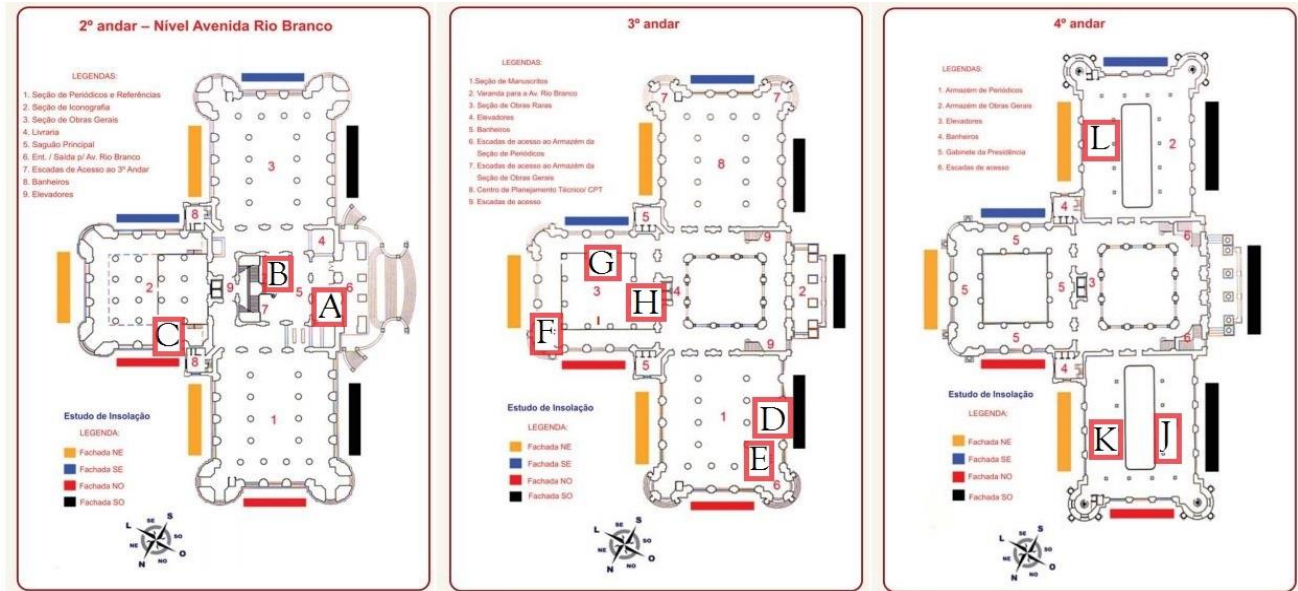


FIGURA 7 - LOCAIS AMOSTRADOS NA BIBLIOTECA NACIONAL.
(a) Segundo andar, (b) terceiro andar (c) quarto andar.
FONTE: ADAPTADO DE SPINELLI JÚNIOR (2010)



FIGURA 8 – CORREDORES (1), SETOR DE OBRAS GERAIS (2) E SETOR DE OBRAS RARAS (3)
DA BIBLIOTECA NACIONAL
FONTE: BIBLIOTECA NACIONAL DO RIO DE JANEIRO (2015).

Os ambientes escolhidos para o estudo possuem particularidades quanto à temperatura, umidade, ventilação, iluminação e ao material bibliográfico que resguardam. Em geral, os livros armazenados pela BN ficam nas prateleiras de estantes dispostas paralelamente e sequenciais, e cada andar possui subdivisões em pisos superiores onde ficam as estantes (ver FIGURA 8), inclusive cada piso conta com sistema de ventilação e iluminação própria.

As obras são separadas por setores, de acordo com as características específicas, levando em consideração seu estado de conservação e critérios de preciosidade e raridade para a distribuição setorial. Dentro de cada setor, os itens são acondicionados em cofres, gavetas ou prateleiras de acordo com a necessidade de conservação.

Situado no 2º andar do prédio, o Setor de Obras Gerais só foi contemplado nas últimas amostragens na campanha 7 (29/10 a 05/11), após constatação da peculiaridade do local com falhas na ventilação e acúmulo de poeira. Esse setor abriga desde obras antigas, datadas do século XVIII, até obras atuais, contando com mais

de um milhão de itens, como monografias, teses e folhetos disponíveis para consulta imediata. O amostrador nesse setor foi alocado próximo a uma das estantes (local E).

Comparativamente aos outros setores, o Setor de Obras Raras é o ambiente com maior controle de climatização. Localizado no 3º andar do prédio, suas peças do século XV e outras raridades e estão dispostas em estantes, gavetas e cofres. Neste setor foram amostrados quatro locais: cofre, vitrine, estante P22-A e o “cemitério” (locais F, G, H, I respectivamente). O cofre é fechado e protegido com sistema de segurança, aberto poucas vezes apenas para limpeza ou retirada de livros para exposições raras. A estante P22-A fica num piso superior ao piso do cofre, onde os livros estão armazenados. O cemitério é um conjunto de estantes onde estão localizadas obras raras em estágio avançado de decomposição. A vitrine, localizada próximo à porta do setor, é o local onde as obras raras são acondicionadas para exposições, consistindo numa vitrine de vidro e madeira.

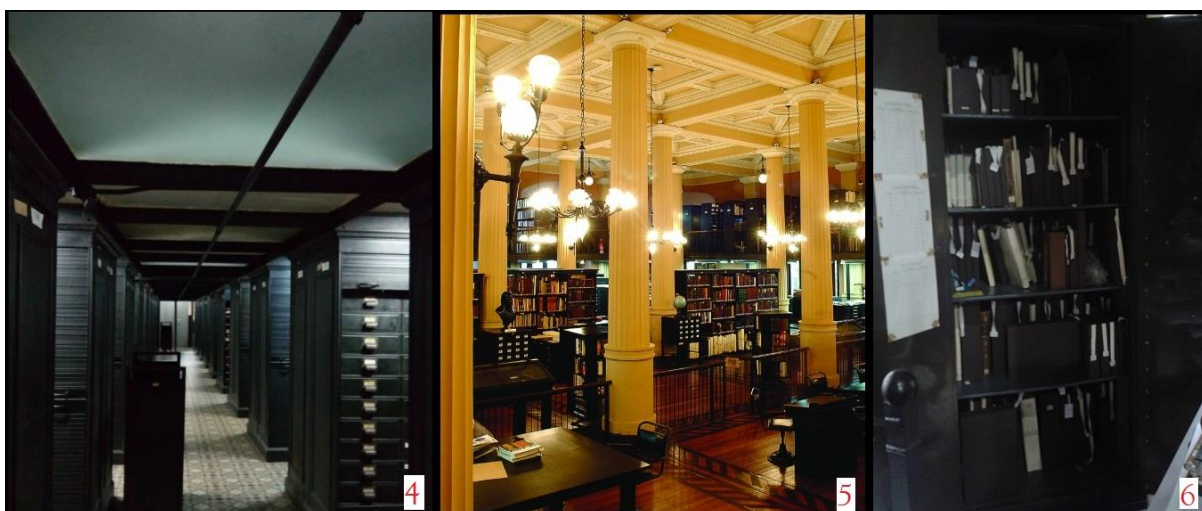


FIGURA 9 - ARMÁRIOS DA SEÇÃO DE MANUSCRITOS (4), SETOR DE ICONOGRAFIA (5), COFRE NO SETOR DE OBRAS RARAS (6) DA BN
FONTE: BIBLIOTECA NACIONAL DO RIO DE JANEIRO (2015).

Na FIGURA 9 o setor de manuscritos, iconografia e obras raras são exibidos. O Setor de Manuscritos fica no 3º andar do prédio e abriga seus documentos em arcazes (móvel em forma de cômoda composta por gavetas), estantes e cofre. Neste setor foi alocado apenas um amostrador, localizado em uma gaveta do arcaz II (local D). O cofre deste setor, assim como o de Obras Raras, abriga peças importantes e só é aberto quando necessário, esse item não foi amostrado.

No 2º andar da BN está o Setor de Iconografia, onde o acervo está disposto de forma mais acessível. O “cofre” desse setor, no qual o amostrador foi alocado, consiste de um armário que armazena peças importantes (local C).

Por fim, o Setor de Periódicos, situado no 4º andar do prédio, armazena informações publicadas em veículos de circulação regular como jornais, revistas e anuários. Neste setor foram colocados dois amostradores em estantes (locais J e K).

4.2.1.2 Datas de amostragem

As amostragens foram iniciadas em fevereiro e finalizadas em novembro de 2014, divididas em 9 campanhas, conforme QUADRO 2. As sete primeiras campanhas com duração de 7 dias cada e duas campanhas (8 e 9) tiveram maior tempo de exposição, com 48 e 224 dias respectivamente, nos pontos vitrine (H) e gaveta (D). A campanha 4 teve duração de 47 dias devido à greve ocorrida na Biblioteca.

QUADRO 2 – CAMPANHAS DE AMOSTRAGEM DE BTEX NA BIBLIOTECA NACIONAL

Campanhas	Datas	Locais de amostragem									
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	04/02/14 a 12/02/14										
2	27/02/14 a 06/03/14										
3	30/04/14 a 06/05/14										
4	09/05/14 a 26/06/14										
5	17/07/14 a 24/07/14										
6	09/09/14 a 16/09/14										
7	29/10/14 a 05/11/14										
8	28/02/14 a 02/05/14										
9	04/02/14 a 16/09/14										

FONTE: A AUTORA (2015)

4.3 ANÁLISE

4.3.1 Extração

A extração de cada cartucho amostrado foi realizada inserindo-se dois mL do solvente dissulfeto de carbono (CS_2), da marca Sigma-Aldrich com 99,9% de pureza, no tubo original do cartucho. A massa exata de solvente adicionado foi obtida com uma balança analítica de 4 casas decimais de precisão. Após uma hora em repouso, o conteúdo foi transferido para um *vial* de 2 mL, vedado e armazenado refrigerado até o momento de sua análise por cromatografia a gás, GC-MS. A análise foi realizada no mesmo dia da extração para evitar possíveis perdas por evaporação.

4.3.2 Condições de análise

Para o presente estudo foi utilizado um cromatógrafo de fase gasosa, com 6% de cianopropilfenil e 94% de dimetilpolisiloxano, da marca PerkinElmer e modelo Clarus 680 equipado com um detector de espectrometria de massa (EM) Clarus 680 SQ 8 T®. A metodologia de análise se baseou nas condições definidas pelo fabricante do cartucho de amostragem (RADIELLO, 2016).

Antes dos padrões serem injetados, foi realizada a análise do solvente, dissulfeto de carbono usado na extração, para corrigir os valores das áreas dos picos eliminando assim, possíveis interferências do mesmo nas amostras.

Os padrões para a construção da curva analítica foram preparados a partir do padrão da marca Supelco (Pensilvânia, EUA) contendo 2000 mg.mL^{-1} utilizando uma balança analítica calibrada e o dissulfeto de carbono como solvente. Foi preparada uma solução intermediária de $2000 \text{ 000 ng.mL}^{-1}$ e a partir dela foram produzidas soluções-padrão para os 6 compostos analisados nas seguintes concentrações: 30, 70, 130, 190, 250, 310, 370, 430, 530, 630, 730, 830, 930, 1030, 2030, 4030, 6030, 8030 e 9030 ng.mL^{-1} . Cada solução-padrão foi injetada em triplicata para a construção das curvas analíticas. Foram feitas três curvas analíticas para cada composto, a fim

de reduzir erros nos cálculos de quantificação, já que o detector não possui linearidade robusta o suficiente para maiores variações de concentração. A estabilidade da curva analítica foi acompanhada com padrões de verificação injetados durante a realização de análise das amostras.

Após a preparação da curva analítica, as amostras foram analisadas também em triplicata. A coluna analítica utilizada é da marca RESTEK, modelo Rxi®-624Sil MS, de comprimento 30 m, diâmetro externo de 0,32 mm e interno de 1,8 µm, e fase estacionária com polaridade intermediária. O gás de arraste utilizado foi o Hélio com um fluxo de 1 mL min⁻¹ e a injeção automática no modo *splitless* com um volume de 0,5 µL.

O tempo total de cada análise durou em torno de 16 minutos e a programação de temperatura do injetor foi de 200°C, a da fonte foi de 220°C enquanto que a linha de transferência foi configurada em 210°C, e por fim, a análise cromatográfica ocorreu no seguinte processo:

- 1) 40°C por 2 minutos;
- 2) Incremento de 8 °C por minuto até 140 °C;
- 3) Incremento de 50 °C por minuto até 200 °C com espera de 1 minuto.

A partir da determinação dos brancos foi calculado o Limite de Quantificação (L.Q.) e o Limite de Detecção (L.D), conforme as normas da IUPAC (*International Union of Pure and Applied Chemistry*, 2011). O L.D. representa a menor concentração da substância analisada que pode ser detectada, com uma dada confiança estatística (normalmente 95%), mas não necessariamente quantificada. O L.Q. representa a menor concentração da substância analisada que pode ser medida, no qual o coeficiente de variação do sinal (ruído) e o erro relativo estão razoavelmente reduzidos (normalmente 10%).

O valor do L.D. está acima do sinal médio do branco (x_0) e aproximadamente três vezes do desvio-padrão do branco: $LD = x_0 + 3,3 s_0$. O L.Q. está a 10 vezes do desvio-padrão do branco: $LQ = x_0 + 10 s_0$. Estas fórmulas são consideradas para número de ensaios estimativos de LQ estatisticamente significativo. (IPAC,2016).

4.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Para o tratamento dos dados foram realizadas análises estatísticas. O teste de Bartlett, o qual tem como hipótese nula que não há diferença entre os grupos analisados. Se o valor de referência p for menor que 0,5 então os grupos analisados são considerados diferentes, mas se $p \geq 0,5$ então os grupos analisados são considerados sem diferença significativa estatisticamente. Para realizar o teste ANOVA, é indicado que as variâncias do resultado do teste de Bartlett sejam homogêneas, ou seja, $p \leq 0,5$.

Gráficos Boxplot foram construídos para o benzeno, tolueno, etilbenzeno, m,p-xileno e o-xileno. Os gráficos contêm 50% dos dados na caixa principal, sendo o limite superior da caixa o percentil de 75% dos dados e o inferior 25% e a distância entre eles chamada de interquartil. A linha na caixa indica a mediana dos dados, como não é equidistante dos extremos, os dados são considerados assimétricos.

O coeficiente de Pearson indica a correlação entre duas variáveis. Se $p=1$ então significa uma correlação perfeita positiva entre as duas variáveis, se $p=-1$ significa uma correlação perfeita negativa entre as duas variáveis e pode-se concluir que quando uma aumenta, a outra sempre diminui. Para o resultado de $p=0$ significa que as duas variáveis não dependem uma da outra, mas pode haver uma dependência não-linear, então esse resultado não descarta a investigação por outros meios sobre as correlações entre as duas variáveis ().

As razões interno-externo (I/E) foram calculadas pela divisão da mediana das concentrações internas com as externas para os compostos BTEX. Se a razão $I/E \leq 1,0$ esse valor indica influência de fontes externas; entre 1 e 4, indica mistura de fontes externas e internas; diferenças maiores são significativas e indicam presença de fontes internas (KUMAR *et al*, 2013; GUO *et al*, 2003).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para apresentação dos resultados foram calculadas as concentrações do

benzeno, tolueno, m,p-xileno e o-xileno em $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Sobre as campanhas foi calculada a mediana das concentrações para cada local e composto.

Foram calculadas as razões interno/externo, que indicam se as fontes de BTEX são internas ou externas ao ambiente analisado. Assim como as relações entre os compostos comparativamente com valores que a literatura estabeleceu para indicação de fontes veiculares de BTEX.

Foram estudados os possíveis riscos ao acervo presente na BN e à saúde conforme o contato com os BTEX dentro e fora do prédio.

As concentrações do ozônio na Biblioteca Nacional, coletadas no mesmo período que BTEX, foram comparadas às de BTEX em termo de reação de consumo-formação sobre o grupo BTEX e o composto ozônio.

5.1 CONCENTRAÇÕES

Na TABELA 3 estão apresentados os resultados para a concentração de BTEX em cada um dos locais amostrados entre 05/02/2014 e 06/01/2015. No apêndice estão apresentados todos os dados de base do estudo e o registro das temperaturas durante o estudo. São apresentados mediana, mínimo e máximo. A mediana foi escolhida para apresentação dos resultados devido ao caráter não paramétrico dos dados obtidos. Segundo Sant'Ana (2016) dados não-paramétricos é aquele que não supõe normalidade na distribuição da população ou tamanho da amostra, também são caracterizados como mais flexíveis e podem ser ajustados à dados categóricos.

TABELA 2: RESULTADOS BTEX NA BN

	Local	Nº de amostras (n)	Benzeno ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Desvio Padrão	Tolueno ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Desvio Padrão	Etilbenzeno ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Desvio Padrão	m,p-Xileno ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Desvio Padrão	o-Xileno ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Desvio Padrão
A	Entrada (Externo)	7	1,23 (0,75–3,37)	1,02	9,91 (2,71–20,6)	6,59	1,08 (0,31–2,82)	6,59	3,16 (0,60–5,19)	1,65	0,59 (0,18–1,85)	0,53
B	Recepção	7	1,16 (1,11–2,51)	0,51	18,4 (14,9–25,1)	3,42	1,69 (1,34–19,1)	6,54	4,11 (3,32–12,2)	3,18	0,98 (0,75–3,65)	1,03
C	Cofre (IC)	7	1,04 (0,77–2,05)	1,02	6,80 (4,80–10,8)	26,6	1,09 (0,72–1,89)	6,10	3,53 (1,99–5,71)	2,78	0,77 (0,46–1,69)	0,56
D	Gaveta – arcaz	2	– (0,41 – 0,42)	-	– (3,71 – 4,58)	-	– (0,52 – 1,00)	-	– (1,07 – 3,19)	3,20	– (0,28 – 0,43)	-
E	Estante 144	1	0,91	-	6,19	-	1,04	-	3,27	-	0,58	-
F	Cofre (OR)	7	1,05 (0,87–2,54)	0,65	6,41 (4,57–14,0)	3,41	1,14 (0,46–2,77)	0,57	3,12 (1,57–4,90)	-	0,66 (0,34–2,54)	0,50
G	"Cemitério"	7	0,88 (0,65–2,20)	0,62	6,80 (3,45–12,0)	3,74	1,05 (0,45–2,07)	0,65	2,97 (1,46–4,41)	1,40	0,66 (0,37–1,42)	0,43
H	Vitrine	1	0,54	-	3,93	-	0,66	-	1,77	-	0,51	0,36
I	Estante P22	7	1,05 (0,87–2,54)	0,69	6,41 (4,57–14,0)	3,92	1,14 (0,46–2,37)	0,70	3,13 (1,58–4,91)	1,50	0,66 (0,34–2,54)	0,47
J	Estante 124	6	1,08 (0,67–3,80)	1,26	8,65 (4,14–14,5)	4,94	1,40 (0,65–2,57)	0,79	3,83 (1,74–5,35)	2,01	0,82 (0,50–1,60)	0,52
K	Estante 300	7	1,15 (1,00–3,95)	1,13	9,19 (4,81–16,6)	3,97	1,34 (0,70–2,70)	0,61	3,95 (2,39–5,58)	1,21	0,70 (0,55–1,66)	0,42

No local D houveram apenas duas campanhas de amostragem, sendo apresentados apenas os valores das duas amostragens como mínimo e máximo. Nos locais E e H foi realizada apenas uma amostragem, e, portanto, são apresentados os únicos resultados obtidos.

Todos os compostos (benzeno, tolueno, etilbenzeno, m,p-xileno e o-xileno) foram encontrados acima dos limites de quantificação em todas as amostras, sendo que os valores de L.Q. da análise foram respectivamente iguais a: 0,076; 0,076; 0,076; 0,151 e 0,074 $\mu\text{g m}^{-3}$.

Considerando todos os locais amostrados, o tolueno foi o composto que apresentou as maiores concentrações, seguido pelos m,p-xileno, etilbenzeno, benzeno e o-xileno, sucessivamente.

Este perfil de distribuição das concentrações foi identificado também por Corrêa (2007) que monitorou BTEX na cidade do Rio de Janeiro entre 2004-2005 utilizando amostradores passivos de carvão ativado (SKC 226-09) em tubos de teflon. A amostragem ocorreu durante dias normais de trabalho (terças ou sextas) por 6 horas consecutivas (9:00 a 15:00) obtendo os seguintes valores médios de concentração: 15; 23; 9; 19; 8 $\mu\text{g m}^{-3}$ para o benzeno, tolueno, etilbenzeno, m,p-xilenos e o-xilenos respectivamente. No estudo de Godoi *et al.* (2013) foram monitorados os compostos BTEX no ano de 2011 em cinco escolas no município de Curitiba em regiões urbanas e suburbanas, além de residências de alunos e exposição pessoal. Os autores monitoraram as escolas e os alunos, utilizaram amostradores passivos também da marca Radiello, durante 7 dias de exposição variando os locais amostrados, iniciando com a primeira escola em maio e finalizando com a última em outubro no ano de 2011. Esse estudo apresentou como resultado médio nas concentrações internas das escolas em região urbana os valores de 1,5; 3,9; 1,2; 2,9 e 0,97 $\mu\text{g m}^{-3}$ para benzeno, tolueno, etilbenzeno, m,p-xileno e o-xileno, respectivamente. Na França, em maio e junho de 2005, foram estudadas 20 bibliotecas e suas concentrações de BTEX por amostragem passiva (método Radiello) por Allou *et al* (2008). Nos resultados foram apresentadas as médias de 0,2; 3,8; 0,8; 1,9 e 0,5 $\mu\text{g m}^{-3}$ para benzeno, tolueno, etilbenzeno, m,p-xileno e o-xileno, respectivamente. Essa comparação revela que é possível encontrar em centros urbanos, tanto no Brasil quanto em outros países, a mesma distribuição de concentração entre os gases BTEX, provavelmente devido ao fator comum existente em grandes áreas urbanas como, por exemplo, a queima de combustíveis fósseis.

O local externo (A) está localizado em frente à Avenida Rio Branco, e apresentou as concentrações para os BTEX, seguindo a ordem do acrônimo, de: 1,67; 11,0; 1,17; 2,99; 0,71 $\mu\text{g m}^{-3}$. Rodrigues et al (2007) monitoraram BTEX em uma região industrial-residencial do Rio de Janeiro, de abril a novembro de 2002, entre outros parâmetros, o BTEX foi amostrado por amostragem ativa com tubos de carvão ativado, e encontraram concentrações iguais a 1,92; 9,02; 6,37; 22; e 5.99 $\mu\text{g m}^{-3}$. Os autores concluíram as fontes de BTEX são veiculares. Também no Rio de Janeiro, de 2004 a 2005 Corrêa (2007) monitorou BTEX no centro da cidade e com 94 amostras encontrou as médias: 0,2; 3,8; 0,8; 1,9 e 0,5 $\mu\text{g m}^{-3}$ sendo o tolueno o mais abundante e o benzeno com mais variabilidade. Comparando os resultados encontrados na BN com o último estudo citado, observa-se que as concentrações medianas reportadas no presente estudo foram maiores que as médias de todos os compostos, sendo em 8,3 vezes para o benzeno e 2,9 vezes para o tolueno. Em comparação com Rodrigues et al (2007) o benzeno registrado na BN foi 1,15 vezes menor e o tolueno 1,21 vezes maior, sendo essas diferenças menores relativamente à comparação com Corrêa (2007).

Nas figuras 10 a 15 estão representados gráficos boxplot. A maior concentração de tolueno foi encontrada na Recepção (B) na primeira campanha (fevereiro de 2014), com 25 $\mu\text{g m}^{-3}$ aproximadamente, nesse mesmo local foram encontradas também a maior mediana e valor de mínimo (FIGURA 10). A segunda maior concentração de tolueno foi encontrada na Porta de Entrada (A), também em fevereiro de 2014, apresentando concentração de 20 $\mu\text{g m}^{-3}$. Ainda sobre o tolueno, todas as medianas ficaram acima de 5 $\mu\text{g m}^{-3}$ e as três menores foram registradas no Setor de Obras Raras. Comparativamente ao estudo de Righi *et al*, que apresentou médias de tolueno de 19, 16 e 46 $\mu\text{g m}^{-3}$, na Biblioteca Nacional foram encontradas menores concentrações do tolueno.

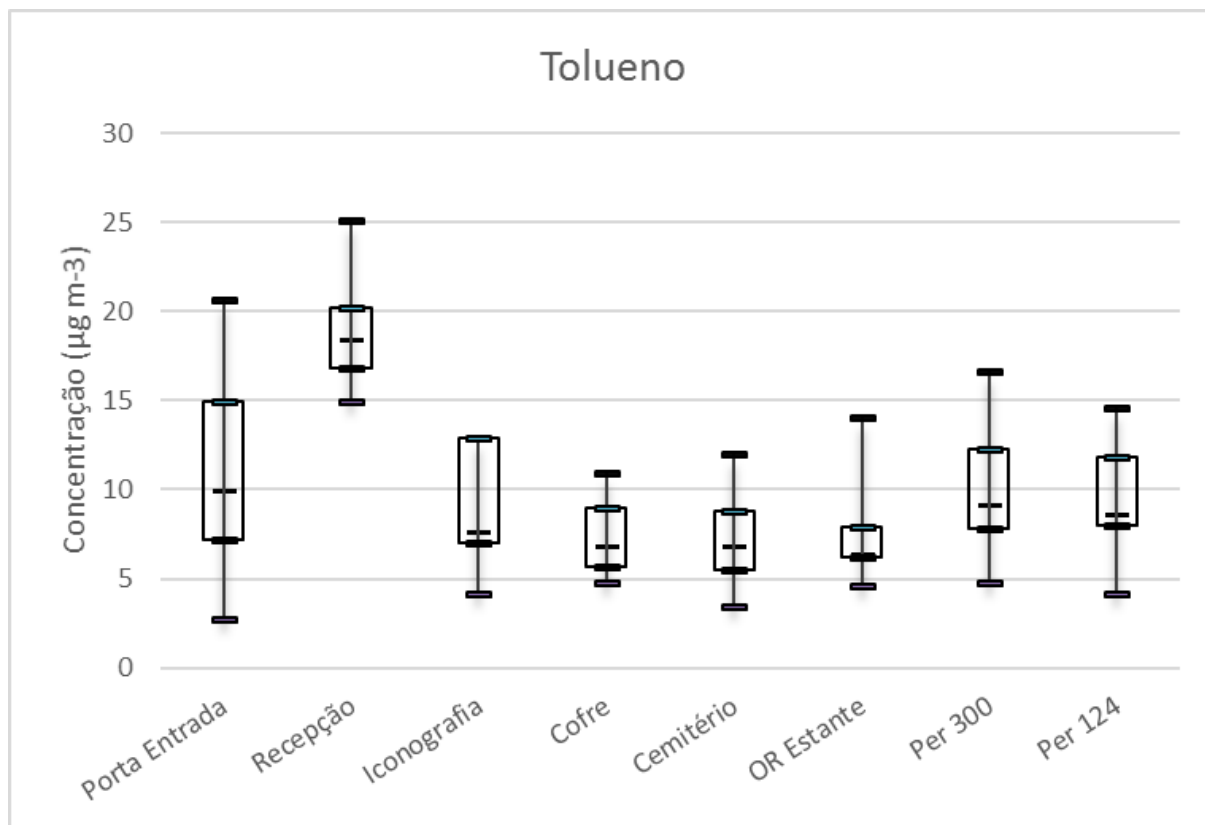


FIGURA 10 - BOXPLOT TOLUENO

A menor concentração para os compostos BTEX foi obtida dentro da gaveta no arcaz II (local D). Dentre as menores concentrações de BTEX estão os locais do Setor de Obras Raras (F- Cofre, G- “Cemitério”, H- Vitrine e a I- Estante P22), localizado no 3º andar, com ventilação realizada por um condicionador de ar. Vale ressaltar que neste local as janelas são mantidas fechadas. Portanto, esse setor é caracterizado por pouco contato com o ambiente externo ao prédio. No estudo de Gou *et al* (2003) foi realizada a caracterização de fontes de BTEX em microambientes internos na cidade de Hong Kong, foram eles: escolas, residências, escritórios, shoppings e restaurantes. A amostragem aplicada foi contínua por amostradores *canisters* durante 8 horas, logo após a coleta foram analisadas as amostras em 3 horas. Nas seis casas amostradas, a relação I/O de benzeno e tolueno foi maior que 1, indicando a existência de uma fonte interna desses contaminantes ou de acumulação do poluente. Para o etilbenzeno e xileno a relação demonstrou que a concentração interna é determinada pela concentração no exterior desse ambiente. Já nas seis escolas amostradas, a concentração dentro das salas de aula de todos os compostos é determinada pela concentração do ar exterior, apresentando como principal fonte as emissões veiculares. Detectou-se que ao fechar janelas e porta conjuntamente com o

desligamento do sistema de ar-condicionado a concentração de COVs caiu drasticamente dentro das salas de aula. Esse resultado foi semelhante ao que ocorreu no setor de Obras Raras em comparação com os outros locais amostrados dentro da Biblioteca Nacional.

Dessa forma, é possível notar uma tendência de redução das concentrações de BTEX em locais com condicionadores de ar. Ambientes com menores variações de temperatura e menor troca de ar com o ambiente externo fazem diferença ao longo dos anos quanto à proteção contra poluentes orgânicos, como os BTEX. Assim, a climatização se torna uma maneira viável de preservação de obras como as encontradas na Biblioteca Nacional que possuem valores inestimáveis e de grande importância para o país.

Para nenhum composto houve medida de concentração acima da legislação permitida pela NIOSH (TABELA 1). Inclusive, pode-se comparar os máximos valores de benzeno, tolueno e xilenos (m,p + o-xileno) registrados na BN ($3,95 \mu\text{g m}^{-3}$, $25,1 \mu\text{g m}^{-3}$ e $12,2+3,65 \mu\text{g m}^{-3}$) com a mais restritiva legislação citada (NIOSH). Essa, prevê que em qualquer ambiente e intervalo de tempo não é recomendável ultrapassar os valores de: $0,325 \text{ mg m}^{-3}$ (benzeno), 375 mg m^{-3} (tolueno) e 435 mg m^{-3} (xilenos).

Sobre o benzeno, pode-se visualizar com o boxplot apresentando na FIGURA 11 o registro dos valores máximos de $3,80$ e $3,95 \mu\text{g m}^{-3}$ no setor de Periódicos. O local situa-se no 4º andar do prédio e aloca informativos de publicação regulares, como jornais e revistas. O registro ocorreu no dia mais quente entre todos da amostragem ($33,3^\circ \text{ Celsius}$), entretanto a correlação entre o benzeno e a temperatura nesse local para o período de amostragem é fraca (aproximadamente $0,5$). Os valores mínimos encontrados foram de aproximadamente $0,6 \mu\text{g m}^{-3}$ no mesmo setor, consequentemente este local teve a maior variabilidade para o benzeno. A mediana ficou em torno de $1 \mu\text{g m}^{-3}$ nas estantes do Setor de Obras Raras, elevando para $1,5 \mu\text{g m}^{-3}$ no Cofre da mesma seção e na Iconografia. As mais altas medianas foram aproximadamente de $2 \mu\text{g m}^{-3}$ para os locais Porta de Entrada (externo) e Periódicos (máximos com valores altos). A análise de variância (ANOVA) para o benzeno resultou no valor de f igual a 0.7938 , considerado um valor baixo, portanto não indicando diferenças significativas entre todas amostras e locais.

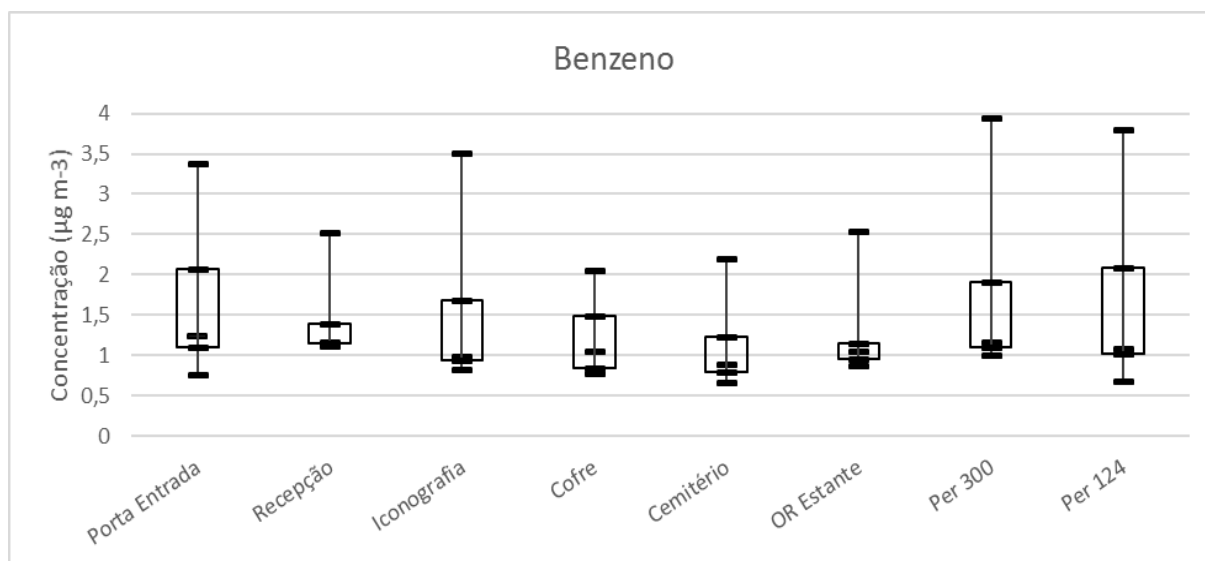


FIGURA 11 - BOXPLOT BENZENO

O etilbenzeno apresentou dois máximos nos locais Recepção e Iconografia (B e C, respectivamente) com 19 e 17,8 $\mu\text{g m}^{-3}$, mas em campanhas diferentes (FIGURA 12). Nas mesmas campanhas que foram registrados esses máximos, também foram os de m,p-xilenos e o-xilenos da Recepção (FIGURAS 13 e 14). Para explicar esses máximos não foi encontrada uma resposta diretamente, mas há possibilidade de que um dos fatores responsáveis é a característica dos amostradores de não captar variações diárias durante a amostragem e podem ter ocorridos pequenos reparos no ambiente mais próximo aos amostradores durante essas duas campanhas. Dependendo dos materiais usados nesse tipo de atividade pode ocorrer

emissão de BTEX, por exemplo podem ser emitidos a partir de tintas, verniz, madeira, borrachas.

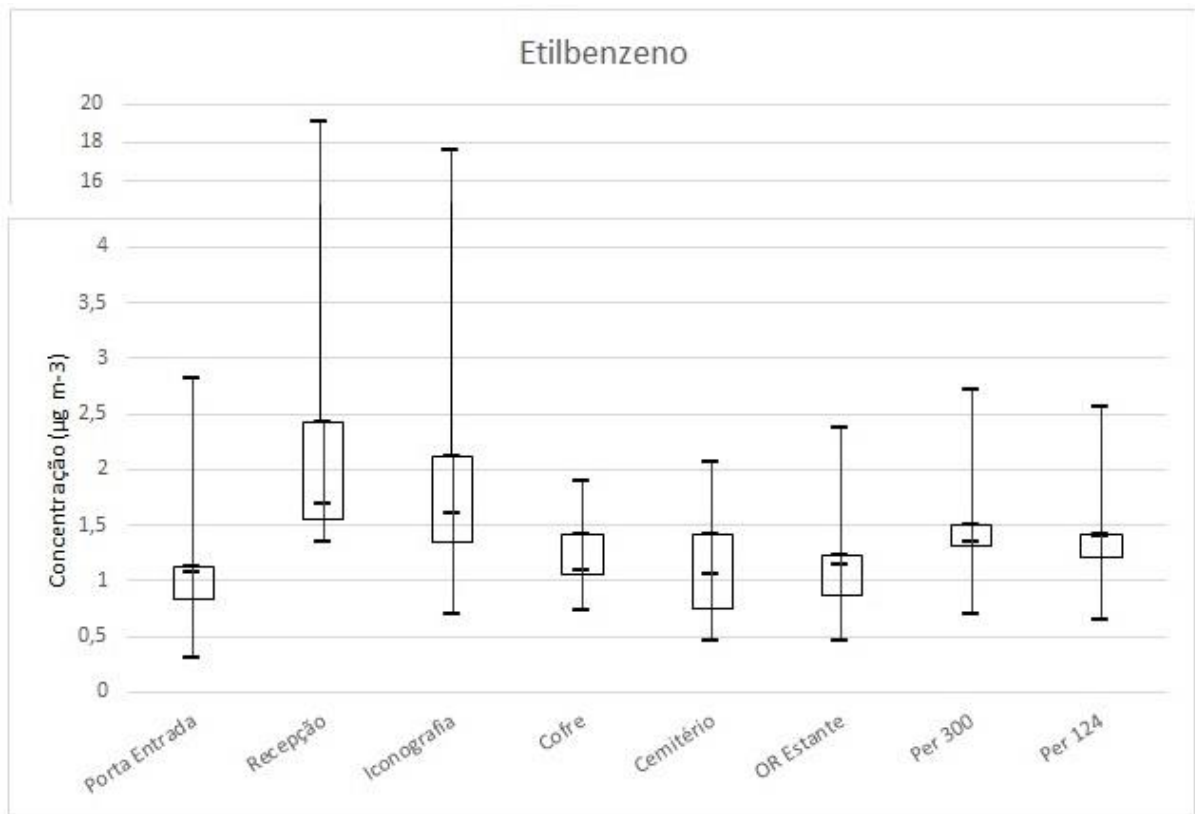


FIGURA 12 - BOXPLOT ETILBENZENO

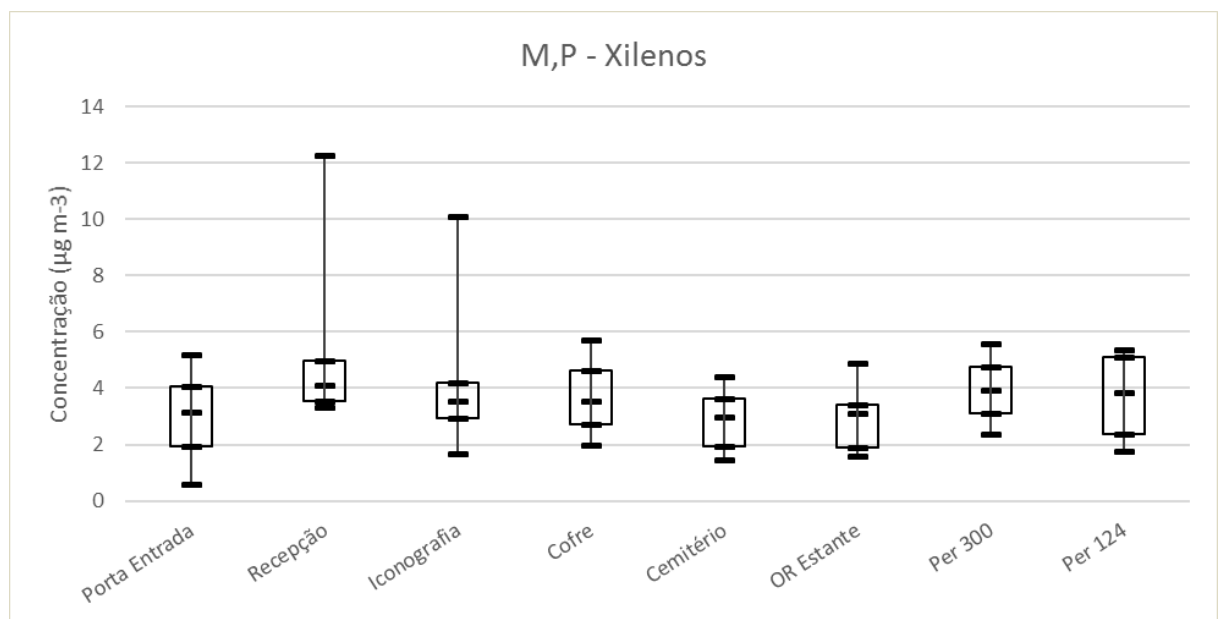


FIGURA 13 - BOXPLOT M,P-XILENOS

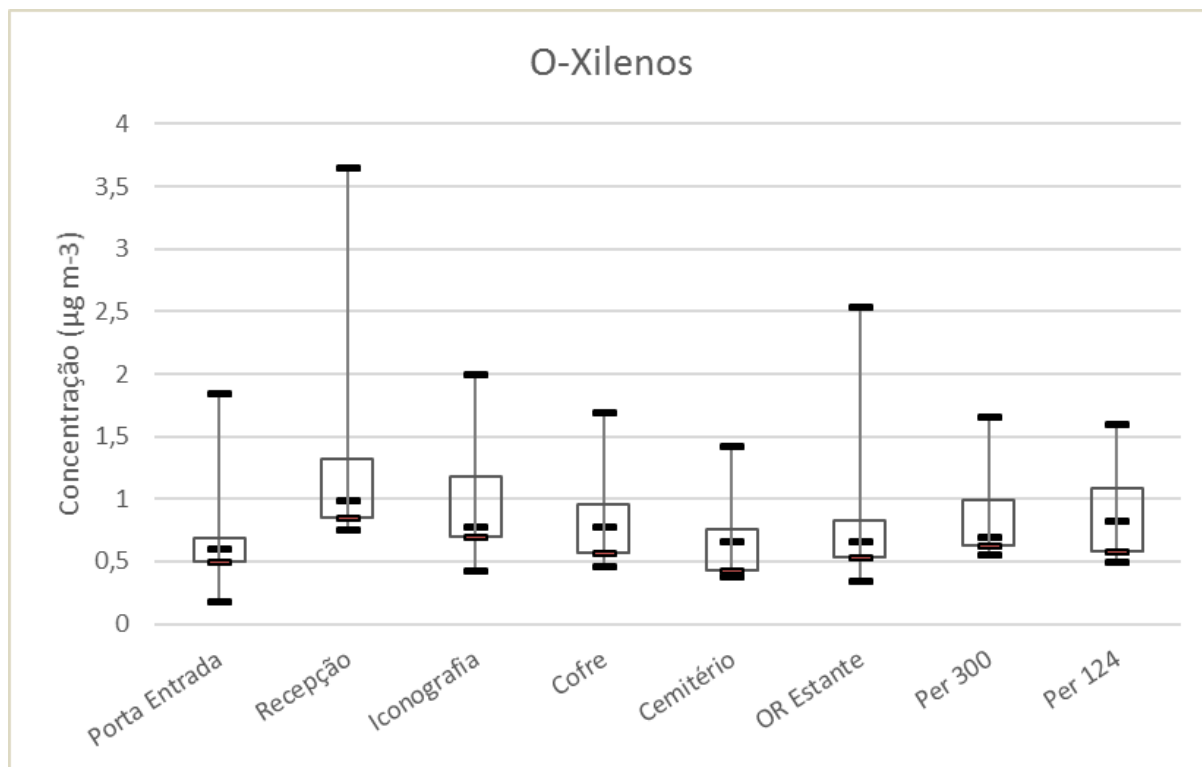


FIGURA 14 - BOXPLOT O-XILENOS

Na Porta de Entrada (externo), o benzeno apresentou concentração média 15,8% maior que no local interno mais próximo, a recepção. Porém com os outros compostos o inverso ocorreu, sendo a recepção o local com as maiores concentrações, chegando a 53,8% maior para o tolueno.

No cofre (Obras Raras) houve variação de temperatura (tabela apresentada no apêndice A) durante o período de amostragem, de 20,9 a 25,0 °C sendo esse o ambiente com melhor climatização dentre todos os setores da BN. O Cofre foi considerado como ambiente fechado, pois possui uma limitada troca de ar com o meio ao seu redor. Apesar disso ele foi aberto para consulta nove vezes durante o ano estudado, pois ele abriga obras raras e em visitas, dependendo da situação, os responsáveis permitem a exibição dessas obras o que explica a grande variação de temperaturas.

Em geral os resultados dos valores de BTEX na Biblioteca Nacional são próximos entre si, com exceção dos resultados de tolueno. Os valores de todos os BTEX encontrados no presente estudo foram menores que os encontrados na Biblioteca da Universidade de Jawaharlal Nehru (UJN), em Nova Deli (KUMAR *et al.*,

2013) que mediu BTEX entre os anos 2011 e 2012 em pontos variados da biblioteca, incluindo externos e internos. Kumar *et al* (2013) realizaram comparação entre as concentrações desses compostos internas e externas durante verão e inverno, para comparação efetiva com o presente estudo comparar-se-á com a estação verão. Em média, as concentrações medidas na biblioteca da UJN de benzeno, tolueno, etilbenzeno, m,p-xileno e o-xileno, respectivamente, foram iguais a: 12,2; 66,7; 13,9; 22,2 e 9,4 $\mu\text{g.m}^{-3}$ nos pontos internos, e iguais a: 14,0; 39,3; 10,9; 12,2 e 5,7 $\mu\text{g.m}^{-3}$ nos externos.

O presente estudo, ao ser comparado com os estudos da literatura apresentados anteriormente, nota-se que quantificou valores menores que as bibliotecas estudadas na Inglaterra (MIN, 2008), Itália (FANTUZZI, 1996) e Índia (KUMAR *et al*, 2013), e maiores que a da França (ALLOU *et al*, 2008). Em comparação com o museu (CARNEIRO, 2008), o estudo apresentou média menor para o etilbenzeno e maiores para os outros compostos. Os outros estudos da TABELA 4 (GIODA, 2003; BRICKUS, 1998 e LEITE, 1998), realizados no Rio de Janeiro também, apresentaram concentrações mais altas para todos os BTEX do que os obtidos na Biblioteca Nacional.

TABELA 3 - COMPARAÇÃO DE RESULTADOS COM A LITERATURA

Gases Locais	Benzeno ($\mu\text{g.m}^{-3}$)		Tolueno ($\mu\text{g.m}^{-3}$)		Etilbenzeno ($\mu\text{g.m}^{-3}$)		m,p-Xileno ($\mu\text{g.m}^{-3}$)		o-Xileno ($\mu\text{g.m}^{-3}$)		Fontes
	Interno	Externo	Interno	Externo	Interno	Externo	Interno	Externo	Interno	Externo	
Gráfica	2,5	2,1	2921,1	79	-	-	18,7	5,2	-	-	GIODA, 2003
Biblioteca - IND	12,2	14,0	66,7	39,3	13,9	10,9	22,2	12,2	9,4	5,7	KUMAR, 2013
Biblioteca - FRA	0,1	-	1,5	-	2,2	-	4,0	-	0,3	-	ALLOU <i>et al</i> , 2008
Biblioteca - GBR	8,8	-	21,2	-	3,5	-	12,3	-	3,5	-	MIN, 2008
Bib. Centrais - ITA	11	11	22	32,5	-	-	38	59	-	-	FANTUZZI, 1996
Bib. não centrais - ITA	8,9	4,4	24,5	16	-	-	25,5	24	-	-	FANTUZZI, 1996
Prédio s limpeza	18,8	1,3	18,8	1,3	-	-	18,8	1,3	-	-	BRICKUS, 1998
Prédio c limpeza	33,6	18,8	33,6	19	-	-	33,6	18,8	-	-	BRICKUS, 1998
Edifício comercial	24,9	9,2	208	38	-	-	40	14,3	-	-	BRICKUS, 1998
Escritórios	24,4	8,5	200,3	38	-	-	40,4	11,9	-	-	LEITE, 1998
Industrial	3,9	-	51,1	-	-	-	496,3	-	-	-	LEITE, 1998
Museu CWB - BRA	0,1-0,8	-	1,3-3,4	-	1,6-14,6	-	1,6-38,5	-	-	-	CARNEIRO, 2008
Bib. Nacional RJ - BRA	0,93	1,23	7,88	9,9	1,13	1,08	3,17	3,16	0,65	0,59	PRESENTE ESTUDO

5.2 RAZÕES INTERNO/EXTERNO E CORRELAÇÕES

As razões interno-externo (I/E) foram calculadas pela divisão da mediana das concentrações internas com as externas para os compostos BTEX. Se a razão $I/E \leq 1,0$ esse valor indica influência de fontes externas; entre 1 e 4, indica mistura de fontes externas e internas; diferenças maiores que 4 indicam presença de fontes internas (KUMAR *et al*, 2013; GUO *et al*, 2003).

No Setor de Obras Raras pode-se comparar os resultados de dentro da vitrine fechada com seu ambiente externo (sala, representada pelos resultados do local I) pela razão Interno/Externo. Essa comparação também é feita com os resultados do cofre e a sala (I), pois estão dispostos no mesmo ambiente.

Os resultados das razões I/E para esses ambientes estão apresentados na TABELA 4. As relações entre o cofre e a estante, são aproximadamente iguais a 1 para os cinco compostos, e menores que 1 para a vitrine fechada. Esses valores indicam fontes externas de BTEX no Setor Obras Raras. Como o “externo” nesse caso é o próprio ambiente da sala e o “interno” são os locais fechados (cofre e vitrine), há indicação de que esses locais, mesmo com uma troca de ar considerada limitada com o ambiente, entram em contato com as mesmas concentrações de poluentes presentes em qualquer local aberto disposto na sala, como uma estante, por exemplo. Sendo assim a suposição que as obras que ali estão encontram-se mais resguardadas é facilmente refutada quando considerada as concentrações de compostos orgânicos voláteis.

TABELA 4 - RELAÇÕES INTERNO X EXTERNO E NO SETOR DE OBRAS RARAS

Interno x Externo	Benzeno	Tolueno	Etilbenzeno	M,P-xileno	O-xileno
Vitrine X Sala	0,516	0,613	0,578	0,566	0,778
Cofre X Sala	0,997	1,06	0,956	1,12	1,17
Recepção X Entrada	0,942	1,85	1,56	1,3	1,64

Os pontos externo e recepção, tiveram a sua razão I/E apresentada na TABELA 4 e FIGURA 15, indicando fontes externas para o benzeno pelo valor estar abaixo de 1, e para os outros compostos possivelmente ocorreu mistura de fontes internas e externas na recepção. Como o tolueno se apresenta em maiores quantidades na recepção do que na rua, possivelmente ocorre acumulação de tolueno

no recinto e/ou há contribuição de fonte interna. As possibilidades de fontes internas na recepção são: reforma no local, pintura recente, prática de tabagismo no recinto, limpeza com materiais que têm BTEX (ou derivados) em sua composição. Apesar dessa possibilidade durante a instalação dos amostradores não foram identificados nenhum desses eventos.

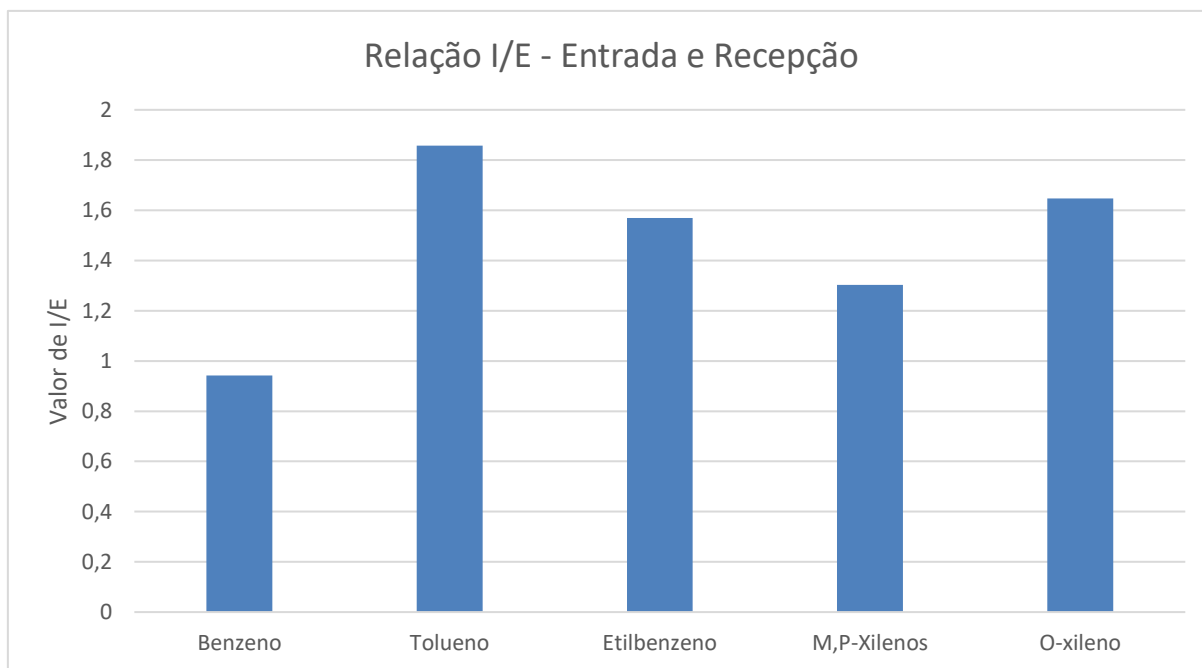


FIGURA 15 – ENTRADA X RECEPÇÃO

A fim de investigar a relação entre os BTEX nos microambientes foi realizado análise de correlações. O coeficiente R do método Correlação de Pearson foi calculado entre todos os compostos e em todos os locais (TABELA 5). Nota-se que as concentrações de BTEX em todos os locais, com exceção da recepção, apresentaram correlação linear forte e assim sendo possivelmente a fonte em comum é o tráfego veicular, contudo, na recepção, a maioria das correlações foram fracas indicando possivelmente fontes variadas ou uma possível diferença na quantidade acumulada de cada poluente estudado.

TABELA 5- CORRELAÇÕES DE BTEX NA BIBLIOTECA NACIONAL

Correlações	Porta	Recepção	Iconografia	Cofre	Cemitério	Estante OR	Per 124	Per 300
R (B/T)	0,9	0,6	0,9	0,8	0,8	0,9	0,8	0,7
R (T/E)	0,7	0,5	1,0	0,6	0,7	0,9	0,8	0,8
R (E/MP)	0,7	1,0	1,0	0,7	0,9	0,9	0,7	0,7
R (MP/O)	0,7	1,0	1,0	0,8	0,9	0,8	0,8	0,8
R (B/E)	0,6	-0,1	0,9	0,5	0,5	0,8	0,4	0,4
R (B/MP)	0,9	0	0,9	0,8	0,5	0,7	0,8	0,8
R (B/O)	0,6	0,1	1,0	0,8	0,7	0,9	0,6	0,7
R (T/MP)	0,9	0,2	1,0	0,8	0,4	0,7	0,9	0,8
R (T/O)	0,7	0,1	0,8	0,8	0,7	0,9	0,8	0,8
R (E/O)	1,0	0,9	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9	0,8

Ohura *et al.* (2009) conduziram um estudo comparativo entre a qualidade do ar interno no Japão e China para investigar compostos orgânicos voláteis em microambientes e pontos externos durante os anos de 2006 e 2007, encontrando forte correlação entre os cinco BTEX e concluíram que emissões veiculares e industriais são fontes externas significantes tanto na China quanto no Japão. Já o estudo de Godwin (2007) quantificou COV, dentre outros parâmetros da qualidade do ar, em 64 escolas em Michigan – EUA, e verificou que não houve correlação entre os compostos: benzeno, tolueno, etilbenzeno e os isômeros xilenos. O presente estudo está de acordo com os resultados encontrados em Ohura *et al.* (2009) indicando fontes externas e de emissões veiculares.

A correlação entre os resultados e as temperaturas locais se apresentou fraca de acordo com o método de Pearson (TABELA 6). Então a influência que a temperatura do ambiente tem sobre as emissões de BTEX não são significativas nesse caso, também as variações de temperatura ao longo do ano todo não variaram como em lugares com estações bem definidas e invernos rigorosos, por exemplo.

TABELA 6 - CORRELAÇÕES DE PEARSON BTEX E TEMPERATURA NA BIBLIOTECA NACIONAL

	Local	B/Temp	T/Temp	E/Temp	MP/Temp	O/Temp
A	Porta Entrada	0,25873	-0,08269	-0,3577	-0,026579	-0,37078
B	Recepção	-0,217	0,44965	-0,3191	-0,257635	-0,37523
C	Cofre (IC)	0,59258	0,65068	0,66844	0,4973749	0,426962
D	Gaveta – arcaz	-	-	-	-	-
E	Estante 144	-	-	-	-	-
F	Cofre (OR)	-0,6212	-0,29139	0,02508	-0,30916	-0,37005
G	"Cemitério"	-0,181	-0,4191	-0,8026	-0,786991	-0,62523
H	Vitrine	-	-	-	-	-
I	Estante P22	-0,1725	-0,45209	-0,6674	-0,687245	-0,41634
J	Estante 124	0,50546	-0,03388	-0,3648	0,0984385	-0,05478
K	Estante 300	0,47837	0,03742	-0,3718	0,2232493	-0,06318

5.3 RELAÇÕES NUMÉRICAS E FONTES

Stevenson et al. (1997), Brocco et al. (1997) and Guicherit (1997), citados por Godoi *et al.* (2010) afirmam que as razões entre tolueno/benzeno, m,p-xileno/benzeno e o-xileno/benzeno quando menores que 2,7; 1,8 e 0,9, respectivamente, são um indicativo de que a principal fonte de BTEX provem de emissões veiculares. No presente estudo, esse indicativo não foi encontrado para nenhum conjunto de dados (TABELA 7), mesmo para a área externa, indicando fontes variadas de BTEX em todos os locais analisados na Biblioteca Nacional do Rio de Janeiro. Pode-se considerar que a Biblioteca Nacional está localizada no centro do Rio de Janeiro, situada a 500 metros do terminal rodoviário Menezes Cortes, e do homônimo terminal de ônibus municipal a 650 metros e é, portanto, uma área de alto tráfego de ônibus então apesar de as razões propostas na literatura não terem sido encontradas na BN, ainda assim emissões veiculares foram identificadas como a única fonte detectada, já que não há indústrias emissoras de BTEX na região.

TABELA 7- RELAÇÕES DE T/B, MP/B, X/B NA BIBLIOTECA NACIONAL

Valores de Referência: Relações < 2,7; 1,8; 0,9				
	Local	T/B	MP/B	O/B
A	Porta Entrada	3,57-10,8	0,80-2,63	0,16-0,63
B	Recepção	8,45-16,23	1,92-10,2	0,61-3,03
C	Cofre (IC)	5,03-22,44	1,99-3,86	0,51-0,90
D	Gaveta – arcaz	8,70-11,09	2,52-7,74	0,66-1,95
E	Estante 144	6,79	3,59	0,64
F	Cofre (OR)	4,77-8,75	1,84-4,84	0,44-1,08
G	"Cemitério"	5,25-9,34	1,21-4,84	0,27-1,08
H	Vitrine	7,24	3,26	0,94
I	Estante P22	4,80-7,90	1,30-3,75	0,28-1
J	Estante 124	3,38-8,27	1,40-3,78	0,27-0,95
K	Estante 300	3,3-10,10	1,35-3,47	0,27-0,79

Com a indicação de fontes variadas de BTEX na BN foram analisadas as possíveis fontes internas. Dentre elas, destaca-se: a utilização de solventes no local, estes estão presentes em materiais de limpeza, adesivos, alguns materiais de mobília e decoração, e em tintas. Da mesma forma que encontrado na BN, os autores de Stranger et al. (2008), que analisaram BTEX, dentre outros parâmetros, em 10 escolas primárias na Antuérpia – Bélgica; e Hsieh et al. (2006) que analisaram BTEX em seis parques industriais de Taiwan, os dois reportaram ausência de fontes internas para o benzeno, mas alta probabilidade para tolueno, etilbenzeno, e os xilenos, assim como observado no presente estudo.

Foi identificado que existe a possibilidade de fonte externa ao prédio para o composto benzeno, portanto para reduzir ao máximo a entrada de grandes concentrações do composto pode-se diminuir a troca de ar entre o prédio da BN e a rua. Quanto aos demais poluentes (tolueno, etilbenzeno, m-p e o-xilenos), indicaram fontes internas e/ou mistas de emissão e/ou acumulação das concentrações vindas do ambiente externo, mas não há indicação de fontes internas de BTEX então conclui-se que é o caso de acumulação das concentrações vindas do ambiente externo.

5.4 RISCO À SAÚDE E ÀS OBRAS

Com relação aos efeitos na saúde as concentrações encontradas podem causar efeitos na população local efeitos agudos como crônicos dependendo dos níveis de concentração e do tempo a que a pessoa ficou exposta ao BTEX, dentre eles são: irritação de olhos, nariz, pele e dor de cabeça.

A OMS estabeleceu limite seguro de contato das pessoas somente com o tolueno de $260 \mu\text{g m}^{-3}$ (WHO, 2010). Já a EPA estabeleceu com o mesmo objetivo os limites de: $10 \mu\text{g m}^{-3}$, $1100 \mu\text{g m}^{-3}$, $950 \mu\text{g m}^{-3}$, para o benzeno, tolueno e xilenos, respectivamente (CETESB, 2012a; CETESB, 2012b; CETESB, 2012d). Os resultados de benzeno chegaram a ultrapassar a recomendação da Organização Mundial da Saúde de que não há níveis seguros para se expor ao benzeno, esse composto é carcinogênico e a longo prazo seus efeitos podem ser bastante deletérios para a saúde tanto dos trabalhadores locais quanto aos frequentadores assíduos e até para visitantes da Biblioteca Nacional.

TABELA 8 - LEGISLAÇÃO E RESULTADOS

	NR - 15 (mg.m^{-3}) 48h/semana	CONAMA (mg.m^{-3})	NIOSH (mg.m^{-3})	OSHA (mg.m^{-3})	BN ($\mu\text{g.m}^{-3}$)
Benzeno	3,19 - 7,97	NC	0,325	3,25	0,41-3,95
Tolueno	290	NC	375	766	2,71-25,1
Xilenos	340	NC	435	435	0,34-3,65

Os limites propostos na legislação para proteção à saúde não foram ultrapassados (TABELA 8), mas eles não são previstos no Brasil, com a exceção da norma trabalhista NR-15 para ambientes industriais. Sendo assim há a necessidade da criação de legislações ambientais aplicáveis, assim como o monitoramento dos poluentes perigosos e fiscalização por parte dos órgãos responsáveis.

Não há legislação para o contato entre o acervo e poluentes atmosféricos, mas na Biblioteca Nacional, o acervo está sendo afetado visto que tintas podem ser solubilizadas pela presença do tolueno no local. Os estudos de Brickus (1998) e

Salmon (2000) indicam deterioração de obras por compostos orgânicos, sendo assim ela pode ocorrer a partir dos BTEX e principalmente das reações posteriores que resultam em ozônio, são necessários mais estudos sobre o assunto. A prevenção é importante para somar na preservação do patrimônio histórico-cultural presente na BN. A climatização de ambientes é uma solução para reduzir as concentrações de BTEX, pode-se considerar a climatização de ambientes menores, como um setor ou ainda uma sala. As vitrines, gavetas e cofres não garantem isolamento para as obras, pois há a troca de ar com o ambiente externo a elas.

5.5 COMPARAÇÃO COM O OZÔNIO

As concentrações de ozônio (O_3) na Biblioteca Nacional podem ser comparadas com as de BTEX, pois foram realizadas por Ferreira (2015) no mesmo período como parte do projeto da qualidade do ar na BN, mesmo projeto da presente pesquisa. Nesse estudo foram realizadas, de fevereiro a maio de 2015, nove campanhas de amostragem por amostradores passivos Radiello®. As amostras de ozônio foram analisadas pelo espectrofotômetro é da marca Varian Cary® 50 UV-Vis de lâmpada de Xenônio, feixe duplo, monocromador Czerny-Turner, detector duplo de diodo de Silício. Os resultados de ozônio encontrados na BN variaram de 0,07 a 5,94 $\mu g.m^{-3}$, sendo o ponto externo o de maior concentração e dentro da vitrine, o de menor.

A comparação entre os resultados de BTEX e O_3 são apresentados na FIGURA 16. A partir da porta de entrada da biblioteca até os corredores internos, pode-se observar que o ozônio segue a mesma tendência, de redução e aumento, dos BTEX. Isso ocorre, pois, o ozônio é um composto formado secundariamente na atmosfera tendo como precursores os compostos orgânicos voláteis, os óxidos de nitrogênio e a presença de luz solar.

Notou-se que, o ponto externo teve maiores concentrações de BTEX e de O_3 , resultado que ocorre devido as emissões veiculares e também à presença de luz solar beneficiando a formação do ozônio. Logo na entrada do prédio, na recepção, já é possível observar a queda das concentrações do conjunto BTEX e de ozônio. Essa queda do ozônio ocorre tanto pela menor concentração dos COV quanto a diminuição de luz.

Os pontos de amostragem mais distantes da porta de entrada da BN registraram menores concentrações de BTEX e ozônio realçando o resultado de que dentro da vitrine, houve queda na tendência da formação do ozônio juntamente com os BTEX.

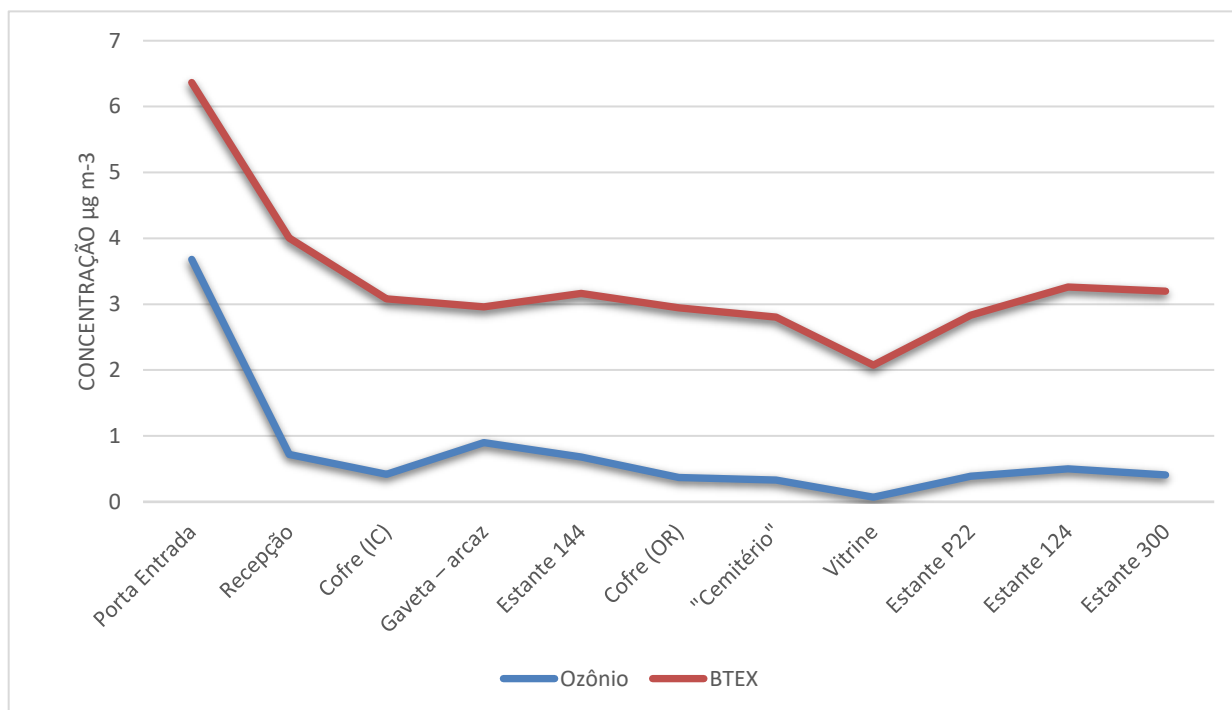


FIGURA 16 - CONCENTRAÇÃO DE BTEX (PRESENTE ESTUDO) E DE OZÔNIO (FERREIRA,2015) NA BIBLIOTECA NACIONAL

Os resultados apresentados indicam que, pode haver proteção com relação ao ozônio em ambientes com baixa luminosidade e concentrações de seus gases precursores, COVs. Em ambientes fechados como vitrine, armários, cofres e gavetas há proteção quanto ao ozônio, pois se apresentou em baixas concentrações nesses locais.

Com o ozônio presente na atmosfera, podem ocorrer outras reações do composto com materiais presentes na biblioteca. Por exemplo, ao reagir com borrachas são gerados produtos oxidantes que, juntamente com umidade, podem degradar papéis, couro e metais. Um conhecido efeito do ozônio é o desbotamento de corantes e pigmentos orgânicos (SALMON *et al.*, 2000; BRICKUS, 1998).

6. CONCLUSÃO

Foram determinadas concentrações de BTEX internas e externas à Biblioteca Nacional do Brasil, localizada no centro do município do Rio de Janeiro-RJ, durante sete campanhas de amostragens em 5 de fevereiro de 2014 a 6 de janeiro de 2015. O objetivo geral do estudo foi quantificar os compostos orgânicos voláteis benzeno, tolueno, etilbenzeno, meta-, orto- e para-xilenos no ambiente interno e externo à Biblioteca. Concentrações acima do limite de quantificação foram observadas para os cinco compostos em todos os 11 locais analisados. As concentrações médias de BTEX internas foram maiores que a externa para os compostos etilbenzeno, m,p-xileno e o-xileno, e menores para o benzeno e tolueno. O tolueno foi o composto mais abundante em todas os locais, e a recepção foi o lugar com as maiores concentrações de BTEX.

As razões interno/externo foram menores que um para a vitrine fechada e a sala em que está alocada, indicando que a fonte das concentrações medidas dentro dela é provavelmente vinda da sala. Para o cofre, que está disposto na mesma sala da vitrine e é um armário fechado, apenas o benzeno e etilbenzeno tiveram relação I/E menores que 1 indicando que a fonte é externa ao cofre, ainda assim os valores de I/E para os outros três compostos foram bastante próximos a 1 (1,07 para tolueno; 1,12 para m,p-xileno e 1,17 para o-xileno) indicando também que as concentrações presentes na sala são as que definem a concentração dentro da vitrine. Na recepção, I/E foi menor que 1 apenas para o benzeno, indicando fonte externa para esse composto. Já os compostos etilbenzeno, m,p-xilenos e o-xilenos não têm indicação de fonte externa e também não estão sendo acumulados no recinto enquanto o benzeno, provavelmente, está. As correlações de Pearson, em todos os locais, exceto a recepção, apresentaram-se fortes entre os compostos BTEX. Na recepção também a correlação foi fraca para os BTEX indicando fontes variadas, apesar disso não foi identificada outra fonte além das emissões veiculares próximo à Biblioteca Nacional, pois não há indústrias próximas ao local.

Locais distantes do tráfego, como em andares altos ou de ventilação por ar-condicionado, tiveram concentrações menores se comparados aos próximos da rua e com ventilação por janelas. Por isso são válidas para a redução das concentrações

desses compostos as medidas de controle da temperatura e troca de ar natural com o exterior, uma solução seria a instalação de ar-condicionado e vedação das janelas.

Os resultados deste estudo indicam que as concentrações de BTEX na Biblioteca Nacional são suficientes para representar um risco de exposição para a população local, principalmente para o benzeno devido ao seu efeito carcinogênico, visto que não há níveis seguros para exposição pessoal à esse composto. Assim como as obras do acervo podem estar sofrendo os efeitos de solubilização de tintas causados pela presença do tolueno em todos os recintos.

Quanto ao ozônio fez-se uma comparação com as concentrações de BTEX, e observou-se que o conjunto BTEX e ozônio estão correlacionados e seguem a mesma tendência de concentração em nos pontos analisados. Na vitrine fechada, utilizada para exibir obras no setor de Obras Raras foi registrado as menores concentrações de ozônio sendo então um local de proteção desse composto nocivo ao acervo. Os outros locais estão expostos e suscetíveis aos danos do ozônio como desbotamento de corantes.

Apesar de nenhum resultado atingir ou ultrapassar as legislações utilizadas pelo estudo para comparação (NIOSH, OSHA e NR-15), não são essas legislações consideradas para ambientes internos públicos como é o caso da Biblioteca Nacional, sendo assim é recomendada a criação de legislações aplicáveis e fiscalização da parte dos órgãos competentes. Além disso, os materiais de construção, de acabamento e de impressão que emitem compostos perigosos podem ser restringidos para não prejudicar a qualidade do ar interno.

Em bibliotecas pode-se ter fontes internas devido aos materiais de construção, materiais decorativos, recentes reformas com utilização de solventes e tintas, emissão por tintas de jornais, de impressoras e de copiadoras. Entretanto, o mais comum é que, havendo contaminação de BTEX no ambiente, o tráfego externo é o principal responsável pelo nível de poluição interna. Portanto, em vista de diminuir os níveis de BTEX deve-se eliminar as fontes. Pode-se diminuir a troca de ar natural com o ar externo já que sabidamente há um grande fluxo de fontes móveis ao redor do prédio da BN, pode-se instalando sistemas de ventilação controlada como ar-condicionado.

REFERÊNCIAS

ALLOU *et al.* Aldehydes and BTEX Measurements and Exposures in University Libraries in Strasbourg (France). **Indoor Built Environment**. 2008;17:138–145

ANFAVEA - Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores. **Anuário da Indústria Automobilística Brasileira**. 2015.

AVIGO JUNIOR, D. **Qualidade do Ar em Escolas de Curitiba**. Dissertação de mestrado. Universidade Positivo, Curitiba-PR, 2008.

BAIRD, C.; CANN, M. **Química Ambiental**. 2ª edição. Editora Bookman, 2007. Pag188 – 189.

BIBLIOTECA NACIONAL. **Histórico**. 2015. Disponível em: <www.bn.com.br> . Acesso em: 21/11/2015.

BRICKUS, L. S. R.; CARDOSO, J. N.; AQUINO NETO, F. R.; **Environmental Science & Technology**. 1998. 32, 3485.

BRICKUS, L. S. R.; AQUINO NETO, F. R. **A qualidade do ar de interiores e a química**. Universidade Federal do Rio de Janeiro - 1998.

BRICKUS, L. S. R.; AQUINO NETO, F. R.; MOREIRA, J. C.; SIQUEIRA, L. F. G.; **The 8th International Conference on Indoor Air Quality and Climate**. Scotland, 1999.

BOECHAT, J. L.; RIOS, J. L. **Revista Brasileira de Alergia Imunopatologia – Universidade Federal do Rio de Janeiro**. Poluição de ambientes internos. Vol. 34. Nº 3, 2011.

BORILLO, G. C. **Btex em ambientes internos de escolas de ensino fundamental em Curitiba-PR**. Monografia – Universidade Federal do Paraná - Departamento de Engenharia Ambiental, Curitiba-PR, 2012.

CARNEIRO, B. H. B. **Qualidade do ar no Museu Oscar Niemeyer**. Curitiba. Dissertação - Universidade Positivo, 2008.

CAVALCANTI, P. M. P. S. **Modelo de Gestão da Qualidade do Ar – Abordagem Preventiva e Corretiva**. Tese (doutorado) – UFRJ. COPPE/Programa de Planejamento Energético, 2010.

CETESB. **Ficha de Informação Toxicológica – Benzeno**. Divisão de Toxicologia, Genotoxicidade e Microbiologia Ambiental, 2012a.

CETESB. **Ficha de Informação Toxicológica – Tolueno**. Divisão de Toxicologia, Genotoxicidade e Microbiologia Ambiental, 2012b.

CETESB. **Ficha de Informação Toxicológica – Etilbenzeno**. Divisão de Toxicologia, Genotoxicidade e Microbiologia Ambiental, 2012c.

CETESB. **Ficha de Informação Toxicológica – Xileno**. Divisão de Toxicologia, Genotoxicidade e Microbiologia Ambiental, 2012d.

COCHEO, C. *et al.* **Field evaluation of thermal and chemical desorption BTEX radial diffusive sampler radiello® compared with active (pumped) samplers for ambient air measurements**. Journal of Environmental Monitoring, 2008. Disponível em: www.rsc.org/jem

COCHEO, V. *et al.* **Urban benzene pollution and population exposure**. No. 27, WHO. Collaborating Centre for Air Quality Management and Air Pollution Control. Berlin, Germany. 2000.

CORRÊA, S. M.; ARBILLA, G. **A Two-year Monitoring Program of Aromatic Hydrocarbons in Rio de Janeiro Downtown Area**. *J. Braz. Chem. Soc.*, Vol. 18, No. 3, 539-543. 2007.

CRUZ, L.P.S.; CAMPOS, V.P. Métodos de amostragem e análise para compostos reduzidos de enxofre atmosférico. **Revista Química Nova**, 2008. Vol. 31, No. 5, 1180-1189.

DOUGLAS, F. **GC/MS Analysis**. Disponível em: www.scientific.org/tutorials/articles/gcms.html. Acesso em 19 de Setembro de 2015.

FANTUZZI, G. *et al.* Indoor air quality in the university libraries of Modena (Italy). **Science of the Total Environment**. 1996. Vol. 13; 193(1):49-56.

FERREIRA, A. V. **ANÁLISE DA QUALIDADE DO AR NA BIBLIOTECA NACIONAL DO BRASIL, RIO DE JANEIRO -RJ**. Monografia – Universidade Federal do Paraná - Departamento de Engenharia Ambiental, Curitiba-PR, 2014.

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

GODOI, A.F.L. *et al.* Poluição e a densidade de vegetação: BTEX em algumas áreas públicas de Curitiba - PR, Brasil. **Química Nova**, 2010. Vol. 33, No. 4, 827-833.

GODOI, R.H.M. *et al.* Healthy environment — indoor air quality of Brazilian elementary schools nearby petrochemical industry. **Science of the Total Environment**, 2013. 463–464, 639–646.

GODWIN C. & S. BATTERMAN. Indoor air quality in Michigan schools. **Indoor Air**, 2007. Vol. 17, I. 2. Pages 109–12.

GOU., H.; LEE, S. C.; LI, W. M.; CAO, J. J. **Source characterization of BTEX in indoor microenvironments in Hong Kong**. Department of Civil and Structural Engineering, Research Centre for Urban Environmental Technology and Management, The Hong Kong Polytechnic University, Hung Hom, Kowloon, Hong Kong State - Key Laboratory of Loess. 2002.

GROSJEAN, E. & GROSJEAN, D. Formation of Ozone in Urban Air by Photochemical Oxidation of Hydrocarbons: Captive Air Experiments in Porto Alegre, RS. **Journal of the Brazilian Chemical Society**. Vol.9 no.2. 1998.

HERTEL, O. *et al.* **Pure Applied Chemistry**, 2001, Vol. 73, No. 1, p. 137–145. Disponível em: <http://www.radiello.it/articoli/Hertel.pdf>

HSIEH L. *et al.* Ambient BTEX and MTBE in the neighborhoods of different industrial parks in Southern Taiwan. **Journal of Hazardous Materials** 2005;128:106–15.

IARC. **Some industrial chemicals and dyestuffs**. IARC Monography Evaluation Carcinogen Risk Chemical Human, 29: 1–398. 1982.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Perfil de cidades** – Rio de Janeiro capital. Disponível em: <http://cidades.ibge.gov.br/xtras/temas.php?lang=&codmun=330455&idtema=139&se arch=rio-de-janeiro|rio-de-janeiro|frota-2014>. Acesso em 09 de novembro 2015.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. **Normais climatológicas**. Brasília-DF. Disponível em: www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisClimatologicas. Acesso em 24 de novembro de 2015.

IPAC – **Guia para a acreditação de laboratórios químicos**. Disponível em: <http://www.ipac.pt/docs/publicdocs/requisitos/OGC002.pdf>. Acesso em 16 de novembro de 2016.

IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. **Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil**. 2010. Disponível em: www.atlasbrasil.org.br/2013/pt/consulta/.

IPP – Instituto Pereira Passos da Prefeitura do Rio de Janeiro. **Qualidade do ar na Cidade do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro-RJ. 2011-2012.

KUMAR, A. *et. al.* **Assessment of indoor air concentrations of VOCs and their associated health risks in the library of Jawaharlal Nehru University, New Delhi**. School of Environmental Sciences, Jawaharlal Nehru University, New Delhi, India. 2013.

LEITE, F.; BRICKUS, L. S. R.; COSTA, M. F. B.; MOREIRA, J. C.; AQUINO NETO, F. R.; **International Conference On Environment and Occupational Cancer in Developing Countries**, Rio de Janeiro, Brasil, 1998.

MIN K. Y., HARRAD S., HARRISON R.M.: Concentrations and sources of VOCs in urban domestic and public environments. **Science of the Total Environment**. V35:997. Birmingham, Inglaterra, 2001.

MINISTÉRIO DE ESTADO DO TRABALHO. **Decreto-Lei 5452 de 1943: NR-15**. Limita os BTEX apenas nos ambientes industriais.

NIOSH, (National Institute of Occupational and Safety Health); **NIOSH pocket guide to chemical hazards**. Washington DC, USA. US Gov Printing Office, 1994.

OHURA, T, *et al.* Comparative study on indoor air quality in Japan and China: Characteristics of residential indoor and outdoor VOCs. **Atmospheric Environment**. 2009 V. 43, I. 40, Pages 6352–6359.

OSHA; **Occupational exposure to hazardous chemicals in laboratories, Laboratory Standard 29**. 1990, CRF 1910.1450.

PARALOVO, S. L. **Quantificação de poluentes gasosos na floresta amazônica, na área peri-urbana de Manacapuru, AM e na cidade de Manaus, AM**. Monografia – Universidade Federal do Paraná - Departamento de Engenharia Ambiental, Curitiba-PR, 2014.

PICELI, P. C. **Quantificação de benzeno, tolueno, etilbenzeno e xilenos no ar de ambientes ocupacionais**. Dissertação – Universidade Federal de Santa Catarina – Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental na área de Tecnologias de Saneamento Ambiental. Florianópolis, 2005.

RADIELLO, Fondazione Salvatore Maugeri. Manual “**Volatile Organic Compounds (VOCs) - chemically desorbed with CS₂**”. Disponível em: http://www.radiello.it/english/cov_chim_en.htm. Acessado em 2016

RIO DE JANEIRO, Governador do Estado do Rio de Janeiro. **Decreto Nº 44072 - Artigo 5º**. Regulamenta os padrões de qualidade do ar no estado do Rio de Janeiro, tendo por base padrões nacionais e as diretrizes e recomendações da organização mundial de saúde, e dá outras providências. 2013.

SADEGH, H. *et al.* Benzene, toluene, ethylbenzene and xylene concentrations in atmospheric ambient air of gasoline and CNG refueling stations. **Air Quality Atmosphere Health**, 2015.

SALMON, L. G. *et al.* Ozone exposure inside museums in the historic central district of Krakow, Poland. **Atmospheric Environment**, v. 34, p. 3823-3832, 2000.

SPINELLI JÚNIOR, J.; PEDERSOLI JÚNIOR, J. L. Plano de gerenciamento de riscos: salvaguarda & emergência. Rio de Janeiro. **Fundação Biblioteca Nacional**, 2010.

STRANGER M. *et al.* Characterization of indoor air quality in primary schools in Antwerp. **Indoor Air**, 2008. 18:454–63.

TRIGUEROS, D. E. G. **Avaliação da cinética de biodegradação dos compostos tóxicos: benzeno, tolueno, etilbenzeno, xileno (btex) e fenol.** Programa de Pós-graduação em Engenharia Química – Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Toledo-PR, 2008.

USEPA (U.S. Environmental Protection Agency); **Technical assistance document for sampling and analysis of toxic organic compounds in ambient air.** [EPA-600/8-90-005] Washington D. C. EPA, method TO-11, 1990.

WHO (World Health Organization); The right to health indoor air. Report WHO Meeting, Bilthoven, Netherlands, 15-17, 2000. ABIEGALA, B. *et al*; **Atmospheric Environment.** 36, 2907. 2002.

APÊNDICE A

TABELA 1 – VARIAÇÃO DE TEMPERATURA (°C) DE BTEX NA BIBLIOTECA NACIONAL

Local		Faixa de Temperatura
A	Porta Entrada	23-30
B	Recepção	23-29
C	Cofre (IC)	25-29
D	Gaveta – arcaz	27
E	Estante 144	29
F	Cofre (OR)	20-25
G	"Cemitério"	23-30
H	Vitrine	26
I	Estante P22	24-28
J	Estante 124	27-32
K	Estante 300	27-33

TABELA 2 – RESULTADOS DE BTEX NO LOCAL PORTA DE ENTRADA

Amostra	Benzeno	Tolueno	Etilbenzeno	M,P-Xilenos	O-xileno	Temp
XI398	3,37460988	19,211085	0,993394342	4,837597833	0,5421452	30
548CK	0,7580046	2,7109243	0,314380121	0,608383285	0,1874772	30
PO0103	2,90200718	20,636564	2,822557256	5,196800495	1,8524428	24,107
PO0303	1,23500203	8,0329298	1,103327596	2,093680137	0,5991872	23,731
PO0403	0,99377981	10,75979	0,68976725	1,765054953	0,4496812	22,663
PO0503	1,24868472	9,9085724	1,080632384	3,263631851	0,664137	23,413
PO0603	1,20110844	6,3260884	1,158729812	3,162229784	0,7037043	26,459
Mediana	1,23500203	9,9085724	1,080632384	3,162229784	0,5991872	

TABELA 3 – RESULTADOS DE BTEX NO LOCAL RECEPÇÃO

Amostra	Benzeno	Tolueno	Etilbenzeno	M,P-Xilenos	O-xileno	Temp
XI481	1,565286	25,14615	1,649150803	5,16063192	0,986679	29
549CK	1,158778	17,7168	1,695818398	3,36120312	0,765161	29
RE0103	2,52	21,27402	2,87360598	4,83425873	1,539492	23,64881
RE0303	1,20414	19,11175	19,08360774	12,2915899	3,655011	24,15136
RE0403	1,110662	14,95701	1,348115198	3,32782711	0,753292	23,26374
RE0503	1,163399	15,98055	1,449211642	3,69727965	0,943846	25,10588
RE0603	1,134289	18,41046	1,969078266	4,11955102	1,097969	26,53529
Mediana	1,163399	18,41046	1,695818398	4,11955102	0,986679	

TABELA 4 – RESULTADOS DE BTEX NO LOCAL ICONOGRAFIA

Amostra	Benzeno	Tolueno	Etilbenzeno	M,P-Xilenos	O-xileno	Temp
XI406	3,50198	78,60178	17,6071662	10,11556312	1,994669	28,6
451CH	0,831693	4,190831	0,7044941	1,660549151	0,426336	28
IC0103	2,36	13,45077	2,53708415	4,758365359	1,52808	25,8
IC0303	1,004786	7,307962	1,60835614	2,378071334	0,657122	25,5
IC0403	0,97302	12,30215	1,71435846	3,543092852	0,784204	24,5
IC0503	0,984137	6,685662	1,28225858	3,663364468	0,749379	24,8
IC0603	0,909593	7,639477	1,4070124	3,51912334	0,819637	25,1
Mediana	0,984137	7,639477	1,60835614	3,543092852	0,784204	

TABELA 5 – RESULTADOS DE BTEX NO LOCAL GAVETA – ARCAZ II

Amostra	Benzeno	Tolueno	Etilbenzeno	M,P-Xilenos	O-xileno	Temp
MA0203	0,412888	4,582368	1,00372931	3,195892341	0,433549	27
MA0103	0,426344	3,71285	0,52492534	1,075638088	0,281587	27
Média	0,42	4,15	0,76	2,14	0,36	

TABELA 6 – RESULTADOS DE BTEX NO LOCAL OBRAS GERAIS – ESTANTE 144

Amostra	Benzeno	Tolueno	Etilbenzeno	M,P-Xilenos	O-xileno
GE0603	0,9099	6,185314	1,04383887	3,269733758	0,583731

TABELA 7 – RESULTADOS DE BTEX NO LOCAL OBRAS RARAS – COFRE

Amostra	Benzeno	Tolueno	Etilbenzeno	M,P-Xilenos	O-Xileno	Temp
XI400	1,889966	10,8925	1,21017749	5,453740495	1,065269	22,4
545CK	1,077339	5,14248	0,72613958	1,99257274	0,475327	22,1
CF0103	2,053804	10,1542	1,89062673	5,716168521	1,691188	20,9281
CF0303	1,049201	7,73304	1,09106457	2,489917167	0,776247	23,37883
CF0403	0,790714	6,24731	1,04587078	2,974049571	0,467937	22,13812
CF0503	0,882989	4,80634	1,05798165	3,531243334	0,673118	22,76627
CF0603	0,77802	6,8085	1,63815049	3,769207102	0,842625	25
Mediana	1,049201	6,8085	1,09106457	3,531243334	0,776247	

TABELA 8 – RESULTADOS DE BTEX NO LOCAL “CEMITÉRIO”

Amostra	Benzeno	Tolueno	Etilbenzeno	M,P-Xilenos	O-xileno
XI399	1,414847	7,914097	0,45610361	1,717833729	0,391635
546CK	0,656433	3,451145	0,46578939	1,468627147	0,375937
CE0103	2,203471	12,03377	2,07299854	4,418508816	1,420883
CE0303	1,043347	9,749187	1,18491332	2,159691665	0,665106
CE0403	0,790714	6,247309	1,04587078	2,974049571	0,467937
CE0503	0,882989	4,806344	1,05798165	3,531243334	0,673118
CE0603	0,77802	6,808501	1,63815049	3,769207102	0,842625
Mediana	0,882989	6,808501	1,05798165	2,974049571	0,665106

TABELA 9 – RESULTADOS DE BTEX NO LOCAL OBRAS RARAS - VITRINE

Amostra	Benzeno	Tolueno	Etilbenzeno	M,P-Xilenos	O-xileno
XR443	0,543054	3,93471	0,659136967	1,772019883	0,514313

TABELA 10 – RESULTADOS DE BTEX NO LOCAL OBRAS RARAS - ESTANTE

Amostra	Benzeno	Tolueno	Etilbenzeno	M,P-Xilenos	O-xileno	Temp
XI402	1,207363	6,417447	0,462457805	1,577857103	0,348292	28,2
547CK	0,953381	4,579867	0,640229345	1,718018606	0,474847	27,3
OR0103	2,542969	14,07946	2,37759271	4,907065651	2,542969	24,4
OR0303	1,05231	8,318592	1,140357024	2,089577681	0,661045	24,45
OR0403	0,958757	7,402315	1,110360865	3,128988522	0,581434	23,7
OR0503	1,092996	6,023522	1,213810576	3,5422457	0,841931	24,6
OR0603	0,876574	6,331801	1,257475045	3,295856196	0,814769	25
Mediana	1,05231	6,417447	1,140357024	3,128988522	0,661045	

TABELA 11 – RESULTADOS DE BTEX NO LOCAL PERIÓDICOS 124

Amostra	Benzeno	Tolueno	Etilbenzeno	M,P-Xilenos	O-xileno	Temp
XI403	3,804113	12,88187	1,42014743	5,343280486	1,050778	33,1
543CK	0,675865	4,145843	0,6516872	1,740658808	0,501749	32
PR0103	2,4029	14,55409	2,5668911	5,3544191	1,600893	28,2
PR0303	1,021708	7,797999	1,14969186	2,069638799	0,576346	27,7
PR0403	1,033951	8,553503	1,40893296	3,325933209	0,602127	27,1
PR0503	1,144374	8,75694	1,40259638	4,326050353	1,088718	28,3
Mediana	1,089162	8,655222	1,40576467	3,825991781	0,826453	

TABELA 12 – RESULTADOS DE BTEX NO LOCAL PERIÓDICOS 300

Amostra	Benzeno	Tolueno	Etilbenzeno	M,P-Xilenos	O-xileno	Temp
XI404	3,948905	13,06839	1,34640863	5,363235967	1,070686	33,1
544CK	1,066665	4,809816	0,70117537	2,774919506	0,559981	32
PE0103	2,652331	16,62769	2,70887643	5,580140668	1,660548	28,2
PE0303	1,15845	9,191556	1,31812533	2,391110506	0,670254	27,7
PE0403	1,000649	6,897681	1,40758084	3,419369886	0,583837	27,1
PE0503	1,157778	8,66551	1,31887902	4,183532729	0,916638	28,3
PE0603	1,137172	11,49678	1,59790902	3,952594471	0,703704	31
Mediana	1,157778	9,191556	1,34640863	3,952594471	0,703704	