



## XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção  
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

# O EDIFÍCIO SUSTENTÁVEL E A QUALIDADE DO AR INTERNO<sup>1</sup>

PAGEL, Érica Coelho (1); ALVAREZ, Cristina Engel de (2); REIS Jr, Neyval Costa (3)

(1) UFES, e-mail: erica.pagel@.com; (2) UFES, e-mail: cristina.engel@ufes.br; (3) UFES, e-mail: neyval@inf.ufes.br

## RESUMO

A qualidade do ar interno (QAI) está estreitamente ligada a saúde da edificação e, consequentemente, ao bem-estar de seus ocupantes, o que a torna um importante parâmetro de avaliação em edificações sustentáveis. O objetivo desse trabalho foi discutir e sistematizar as informações obtidas através de **ampla revisão da literatura**, critérios para uma adequada QAI que devem ser levados em consideração na avaliação do edifício saudável. Os resultados mostram que as características construtivas de uma edificação influenciam diretamente na QAI, destacando-se nessa discussão: i) o controle das fontes de contaminação do ar, que inclui a seleção criteriosa dos materiais construtivos com baixa ou zero emissão de poluentes, bem como programas de certificação de produtos; ii) os sistemas de ventilação, com ênfase nas estratégias de ventilação natural capazes de diluir e dispersar os níveis dos contaminantes nos espaços internos; iii) A presença humana e a funcionalidade do espaço, responsáveis pela compreensão de diversas fontes de poluição aérea provindas das atividades realizadas no ambiente e iv) a contínua avaliação da edificação e da QAI. Desta forma, este trabalho pretende contribuir preenchendo uma lacuna de conhecimento pouco explorada pelos arquitetos e demais profissionais da construção civil, auxiliando na tomada de decisões ainda na fase de planejamento da edificação.

**Palavras-chave:** Edifício sustentável. Qualidade do ar interno. Materiais de construção. Sistemas de ventilação.

## ABSTRACT

*The indoor air quality (IAQ) is strongly associated to the health of the building and consequently to the well-being of its occupants, which makes it an important parameter of sustainable construction. The aim of this study was to discuss and systematize the information obtained through extensive literature review, criteria for the better IAQ that must be taken into account in the evaluation of healthy buildings. The results show that the constructive characteristics of a building directly influence the IAQ, especially: i) the control of sources, including the careful selection of building materials with low or zero emissions and the products programs certification; ii) ventilation systems, with emphasis on natural ventilation strategies to dilute and disperse the levels of contaminants in indoor spaces; iii) The human presence and space functionality, responsible for understanding the several sources of air pollution by the activities inside the building and iv) the continuous assessment of the building and IAQ. Thus, this work contributed to filling a knowledge gap little explored by the architects and other professionals of the constructions, supporting in the decision-making still in the building planning phase.*

<sup>1</sup> PAGEL, E.C.; ALVAREZ, C.E.; REIS JÚNIOR, N.C. O edifício sustentável e a qualidade do ar interno. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2016.

**Keywords:** Sustainable building. Indoor air quality. Building materials. Ventilation systems.

## 1 INTRODUÇÃO

A adoção de critérios em busca de uma adequada qualidade do ar no interior das edificações vai ao encontro dos conceitos do edifício sustentável. Os benefícios em torno de uma construção saudável se concentram nos aspectos relacionados ao conforto, funcionalidade, satisfação e qualidade de vida, sem comprometer a infraestrutura presente e futuro dos insumos, gerando o mínimo possível de impacto no meio ambiente e alcançando o máximo possível de autonomia (KELLER e BURKE, 2000).

Com base nesse conceito fundamental, diversas metodologias de certificação ambiental consagradas internacionalmente – como o BREEAM - *Building Research Establishment Environmental Assessment Method*; HQE - *Haute Qualité Environnementale*; LEED - *Leadership in Energy and Environmental Design*, dentre outras –, consideram a qualidade do ar como requisito para avaliação. Entretanto, o conjunto de critérios relativos a QAI para atendimento aos regimes de construção sustentável desses programas de certificação, corresponde a aproximadamente 7,5% (WEI et al., 2015). Ainda assim, a baixa importância dada ao atendimento desses critérios é relacionada, principalmente, ao desconhecimento do assunto pelo próprio projetista, bem como pela ausência de fatores bem definidos pelos indicadores de sustentabilidade.

A legislação nacional e internacional em vigor acerca dos níveis permitidos de poluentes internos é deficitária, não apresentando um critério claro de regulamentação. Muitos países ainda não apresentam padrões nacionais e, em sua maioria, as regulamentações se restringem a locais específicos, como ambientes climatizados, industriais ou hospitalares. Além disso, verifica-se uma ampla variação do conjunto de poluentes abordados entre os órgãos regulamentadores.

É indiscutível que as características construtivas de uma edificação influenciam diretamente na QAI. Fatores como: a idade do edifício, a compartimentação interna da construção, a localização e dimensão das aberturas e a eficiência dos sistemas de ventilação e renovação de ar, exercem um papel importante na concentração e dispersão de poluentes internos (SANTOS et al., 2011).

Somente considerando os materiais de construção, estes podem ser responsáveis pela emissão de até 40% dos poluentes no edifício, permanecendo um curto tempo de vida no ambiente ou levando um longo período se manifestando (MISSIA et al., 2010). Também a funcionalidade do espaço e, consequentemente, as atividades humanas que são desenvolvidas no ambiente – tais como cozinhar, fumar, varrer, limpar os móveis, utilizar cosméticos, produtos de higiene pessoal e materiais de limpeza, conduzir e guardar veículos, assim como a própria presença humana –, também mostram forte impacto na concentração final de

poluentes internos (BRANIS; REZÁCOVÁ; DOMASOVÁ, 2005).

De forma geral, há uma concordância no referencial teórico consultado, de que os principais poluentes do ar interno são os seguintes elementos: dióxido de carbono - CO<sub>2</sub>; monóxido de carbono – CO; dióxido de nitrogênio - NO<sub>2</sub>; dióxido de enxofre - SO<sub>2</sub>; ozônio - O<sub>3</sub>; radônio; chumbo; Compostos Orgânicos Voláteis – COV; Materiais Particulados - MP e contaminantes microbiológicos.

Os efeitos adversos à saúde associados à baixa qualidade do ar respirado incluem um grande número de doenças, desde ocupacionais, até cardiovasculares, assim como o risco de desenvolver câncer, em situações específicas. Asma e rinite, por exemplo, são doenças inflamatórias nas quais o processo é desencadeado e mantido pela exposição a poluentes presentes no ambiente interno. A Organização Mundial da Saúde (OMS) estima que cerca de dois milhões de mortes anuais no mundo são atribuídas à contaminação do ar de interiores (CARAZO FERNÁNDEZ et al., 2013).

Esse trabalho tem como objetivo discutir alguns critérios para uma adequada QAI através da contribuição de três pesquisadores, autores do presente artigo, com consagrado conhecimento nos temas inerentes à sustentabilidade e à qualidade do ar. Pretende-se, desta forma, auxiliar a concepção do processo projetual, incentivando e motivando os arquitetos a observar minimamente os aspectos relacionados à qualidade do ar para a obtenção de um edifício saudável e sustentável.

## 2 METODOLOGIA

A metodologia utilizada foi em consequência de uma ampla revisão na literatura, realizada para uma tese de doutorado, cujo objetivo era associar as principais fontes de poluição do ar interno com os materiais construtivos e as atividades humanas em um edifício específico (PAGEL, 2015). A partir disso, os autores discutiram e sintetizaram as informações levantadas, organizando em quatro critérios considerados essenciais para a melhoria da qualidade do ar dentro das edificações e cuja a participação do projetista é de fundamental importância. São esses:

- i. O controle das fontes, que inclui a seleção criteriosa dos **materiais construtivos** com baixa ou zero emissão de poluentes, bem como os protocolos e programas de certificação de produtos;
- ii. Os **sistemas de ventilação**, com ênfase nas estratégias de ventilação natural capazes de diluir e dispersar os níveis dos contaminantes nos espaços internos;
- iii. A presença humana e a **funcionalidade do espaço**, responsáveis pela compreensão de diversas fontes de poluição aérea provindas das atividades realizadas no ambiente;
- iv. A **contínua avaliação** da edificação e da QAI, permitindo determinar se as estratégias tomadas em projeto estão funcionando de maneira adequada.

### 3 CRITÉRIOS PARA UMA ADEQUADA QUALIDADE DO AR DE INTERIORES

#### 3.1 Materiais construtivos

Ao longo do último século têm ocorrido grandes mudanças em relação aos materiais de construção e produtos de consumo usados em ambientes fechados, fazendo com que os ocupantes das edificações de hoje estejam expostos a substâncias diferentes daquelas de 50 anos atrás. Móveis, produtos de acabamento, revestimentos e elementos de decoração são atualmente fontes de emissão de diversas substâncias químicas, tais como, formaldeído, benzeno e tolueno (MISSIA et al., 2010). É possível inferir que com a rápida evolução da indústria da construção civil, a cada dia com uma quantidade e diversidade de novos produtos, os ocupantes daqui a 50 anos também estarão expostos às substâncias diferentes das de hoje (WESCHLER, 2009).

Tradicionalmente, a seleção dos materiais de uma edificação tem sido feita baseada, principalmente, no custo, nos valores estéticos, na disponibilidade e na durabilidade. Atualmente, com as iniciativas sustentáveis de "construções verdes", muitos projetos incorporam a escolha de materiais de acabamento e produtos caracterizados como "reduzido ou não tóxico", com "baixa emissão de COV" ou "livre de PVC", com a suposição de que eles irão reduzir a exposição dos ocupantes ao potencial perigoso das substâncias químicas (SENITKOVA, 2014).

A substância química de maior alvo de estudos no grupo dos COV, é o formaldeído (HCHO), emitido principalmente de mobiliário e revestimentos com madeira compensada ou aglomerados. Apesar de possuir causa comprovada de câncer em humanos, não possui um limite mínimo de exposição específico na legislação brasileira pertinente (ANVISA, 2003). A Organização Mundial da Saúde, por sua vez, estabelece o limite mínimo de exposição de 100 µg/m<sup>3</sup> por 30 minutos em meios internos.

A seleção de materiais de baixa emissividade é, indiscutivelmente, um grande passo na melhora da qualidade do ar interno e, portanto, do edifício sustentável. Entretanto, verifica-se eventualmente uma grande diferença nos resultados das emissões de um material monitorado individualmente, em câmaras de teste laboratoriais, daqueles sob as condições reais de operação de um edifício. Diversos fatores podem influenciar, como por exemplo, a variação de temperatura e umidade, a adsorção dos poluentes emitidos pela superfície de outros materiais e a interação entre os compostos químicos (SENITKOVA, 2014).

A premissa que o controle das fontes é a maneira mais eficaz de reduzir a poluição do ar de interiores resulta na busca de novas soluções pela indústria da construção civil. Atualmente, existem vários protocolos para o teste de emissões e programas de certificação de produto que estão se preocupando com a QAI, juntamente com muitos outros aspectos ambientais (EUROFINS, 2016).

Os EUA, por exemplo, possuem alguns sistemas de etiquetagem de produtos, como o *Green Seal*, que estabelece critérios para seleção de tintas; o *Green Guard*, que possui recomendações sobre as especificações de vários produtos em relação às emissões; e o *Environmentally Preferable Product*, que certifica produtos em relação às emissões químicas.

Na Europa também existe uma grande quantidade de rótulos voluntários, que ajudam a promover os produtos de baixa emissão no mercado. Pode-se citar: na Alemanha, o EMICODE, de natureza privada, que etiqueta produtos para instalação de revestimentos de piso, tais como adesivos, selantes e vernizes; o *Blue Angel*, privado, mas promovido pelo Governo, que caracteriza diversos tipos produtos utilizados em meios internos, sendo a primeira etiquetagem de produto instituída no mundo; o GuT, que classifica a baixa emissividade de COV de carpetes; e o Committee for Health-related Evaluation of Buildings - AgBB, promovido pelo Governo e que estabelece procedimentos para aprovação e seleção dos produtos de construção mais relevantes no impacto na qualidade do ar interno.

Com a preocupação em construir edificações sustentáveis que considerem o ciclo de vida da edificação, cresce a procura por programas de certificações dos edifícios. A maioria desses programas aborda a qualidade do ar de interiores como parâmetro, recomendando o uso de produtos de baixa emissão, em conjunto com muitos outros critérios, para se atingir a classificação mais elevada para um edifício sustentável. A certificação LEED, por exemplo, criada em 1994, teve sua última atualização em 2013 e desde a versão 2009 já incorpora em seus indicadores a utilização de produtos com baixa emissão (EUROFINS, 2016).

Ainda que todos tenham o objetivo comum de reduzir a variedade e a concentração de substâncias químicas emitidas pelos materiais de construção, os protocolos e programas de certificação têm abordagens consideradas diferentes entre si. Assim, os selos que classificam os produtos como "baixa emissão" ou "zero COV", têm diferentes critérios e valores-límite, e diferentes métodos de ensaio laboratoriais, dependendo do histórico local e dos especialistas envolvidos, fazendo com que possa haver divergências nos resultados.

Para preencher essa lacuna, a União Europeia lançou um selo único, o *Indoor Air Comfort - IAC*, harmonizando os métodos de ensaio utilizados na classificação de produtos de baixa emissão de COV. Também incluiu um programa interno de qualidade no local da produção, para garantir a fabricação contínua de produtos de baixa emissão, auditorias no local, re-testes e certificação (EUROFINS, 2016).

Deve-se considerar, ainda, que no meio interno não se está apenas exposto a significativas quantidades de produtos químicos provenientes dos materiais de construção, mas a diversos outros contaminantes de diversas origens. Assim, é importante considerar o estabelecimento de limites de exposição máxima a esses poluentes, como também a incorporação de parâmetros de controle de suas fontes pelos programas de certificação.

A não existência de padrões em alguns países, ou as regulamentações falhas de qualidade do ar em ambientes internos, principalmente em relação ao extenso espectro de materiais e poluentes, faz com que os ocupantes das edificações sejam expostos à mistura total desses poluentes e aos seus diversos efeitos adversos a saúde, sem critérios e limites bem definidos.

### **3.2 Sistemas de ventilação**

Na maior parte das situações, o meio interior protege parcialmente as pessoas de poluentes provindos do exterior. O meio externo está diretamente relacionado com o meio interno, considerando que uma fração destes poluentes infiltra a edificação através de seus orifícios, como portas e janelas. A concentração final de poluentes internos é, então, o resultado da infiltração de poluentes provindos de fontes externas, somado aos poluentes gerados por fontes internas ao edifício.

Com a crise do petróleo, na década de 70 do século passado, houve a necessidade de racionamento de energia, e para manter a eficiência na climatização interna, principalmente nos países de clima temperado, a solução foi a chamada construção “hermeticamente” fechada (LAMBERTS et al., 2014). Nesse processo ocorre a diminuição da taxa de ventilação, gerando uma maior concentração de poluentes provenientes de fontes internas.

Esse modelo construtivo foi adotado por diversos países, marcando um período de “internacionalização da arquitetura” (LAMBERTS et al., 2014), em que a adaptação do edifício ao meio e a adoção de estratégias passivas de conforto ganharam menor importância, em virtude da facilidade dos novos sistemas artificiais em controlar as variáveis do meio.

Após a implantação dos prédios “selados”, apareceram os primeiros relatos de queixas em relação à saúde e conforto dos ocupantes de ambientes internos. Em 1982, a OMS reconheceu a existência da Síndrome do Edifício Doente (SED), quando comprovou que a contaminação do ar interno de um hotel na Filadélfia foi responsável por 182 casos de pneumonia e pela morte de 29 pessoas, por um surto de infecção respiratória, causado por uma bactéria, a *Legionella pneumophila*, presente na poeira do ar condicionado central (INMETRO, 2013).

Nesse sentido, o grande interesse pelo tema da QAI foi após a descoberta de que baixas taxas de troca de ar nos ambientes ocasionam um aumento considerável na concentração de poluentes químicos e biológicos no ar interno. No Brasil a Taxa de Renovação do Ar adequada de ambientes climatizados é estabelecida em no mínimo, 27 m<sup>3</sup>/hora/pessoa, exceto no caso específico de ambientes com alta rotatividade de pessoas. Nestes casos a Taxa de Renovação do Ar mínima será de 17 m<sup>3</sup>/hora/pessoa (ANVISA, 2003).

Sabe-se que a captação e promoção da ventilação natural nos ambientes é uma estratégia passiva eficiente na diluição e remoção de poluentes aéreos. Em regiões tropicais, especialmente, onde a temperatura e umidade são altas, é também um método de obtenção de melhores condições de conforto térmico, consequentemente, de redução de energia, fundamental no conceito de edifício sustentável. O uso de estratégias denominadas como "bioclimáticas" tem sido amplamente utilizada como forma de redução do consumo energético, bem como aproximação ao conceito de sustentabilidade no ambiente construído (CORBELLÀ e CORNER, 2012).

### **3.3 Presença humana e a funcionalidade do espaço**

Embora muitos poluentes sejam comuns à maior parte dos edifícios, os problemas da qualidade do ar em interiores diferem um pouco, de acordo com o uso, principalmente quando se comparam os comerciais, institucionais e de escritório com as residências. Há uma distinção, seja pela característica da população que o frequenta, o período de exposição ou, mesmo, a diferença do grau de contribuição das fontes.

A presença humana é uma das principais fontes de poluição do ar em ambientes fechados, não apenas pela liberação de dióxido de carbono, através da respiração, ou de substâncias químicas, pela transpiração, mas também pelo transporte de microorganismos, tais como bactérias, fungos, vírus e ácaros (BRICKUS e AQUINO NETO, 2001), bem como também pelas suas respectivas atividades ocupacionais.

Branis, Rezácová e Domasová (2005) afirmaram que as atividades ocupacionais podem representar a principal fonte de poeira no ar interno, incluindo fibras de roupas, fragmentos de cabelo, partículas sólidas, células da pele, ressuspensão de partículas de várias origens, papel, esporos fúngicos e outros. Processos simples de limpeza – como varrer, aspirar e espanar a poeira –, normalmente aumentam significativamente, por ressuspensão, a concentração de partículas no ar.

Determinadas atividades e usos são potenciais contribuintes na poluição do ar de interiores, sendo necessário discernimento do projetista na distribuição da funcionalidade dos espaços, na relevância do quantitativo de usuários e no sistema de diluição e renovação do ar adotado, de forma a minimizar ou reduzir as emissões dos contaminantes.

A atividade de cocção era uma área, até pouco tempo, negligenciada nos estudos relacionados ao impacto à saúde humana, embora seja uma importante fonte de poluentes, como MP, SO<sub>2</sub>, CO e COV. Cozinhar reflete uma combinação de fatores, em função de diferentes ingredientes, tipos de óleo e métodos utilizados. Fritar, assar e grelhar pode exercer diferentes impactos, não somente na qualidade da comida, como, também, na emissão de poluentes (SEAMAN et al., 2009).

Produtos de limpeza, ambientadores perfumados, produtos de lavanderia, produtos de higiene pessoais e cosméticos têm, nas últimas décadas,

evoluído o seu número de fragrâncias, incluindo uma complexa quantidade de substâncias químicas perigosas, e que, muitas vezes, nem são divulgados ao público através dos seus rótulos (STEINEMANN, 2009).

Um estudo publicado em 2009 revelou um número elevado de pessoas com reações a produtos aromáticos presentes em fragrâncias, sendo que 19% deles apresentaram problemas respiratórios, dores de cabeça e irritação nos olhos (STEINEMANN, 2009).

A atividade de queima do tabaco, quando presente, é a principal fonte de poluição do ar nos ambientes internos, a ponto de os níveis de particulados em residências de fumantes serem diversas vezes superiores àqueles observados no ambiente externo (WESCHLER, 2009). O fumo contém mais de 4000 produtos químicos, sob a forma de partículas, vapores e gases com composição variada, dependendo do tipo de tabaco consumido. O tabagismo ativo tem sido associado a várias doenças pulmonares e cardíacas, além de ser a principal causa de câncer em diversos órgãos e, inevitavelmente, até de morte. Da mesma forma, o tabagismo passivo, ou seja, a exposição à fumaça ambiental do tabaco, tornou-se tão importante para a questão da saúde, quanto o tabagismo ativo, já que teve também seu efeito cancerígeno comprovado (IARC, 2012).

O conhecimento do uso do edifício e de suas possíveis fontes de contaminação são de suma importância para minimizar as emissões e os impactos de uma má qualidade do ar de interiores, tanto na fase projetual, quanto na promoção da educação e adoção de hábitos mais saudáveis no efetivo uso da edificação. As recomendações para hábitos limpos e os cuidados na possível introdução de substâncias químicas no ar, podem ser previamente estabelecidos em um protocolo ou programa de avaliação de sustentabilidade;

### **3.4 A contínua avaliação da QAI**

A Organização Mundial da Saúde, desenvolveu diretrizes para qualidade do ar interno para serem usadas em meios não industriais. Essas diretrizes foram desenvolvidas em 1987, e sua última revisão foi em 2010. É importante relatar, também, que essas diretrizes englobam apenas um conjunto de contaminantes químicos, incluindo benzeno, CO, formaldeído, naftaleno, NO<sub>2</sub>, hidrocarbonetos aromáticos policíclicos, radônio, tricloroetileno e tetracloroetileno. Para outros contaminantes, como os materiais particulados, por exemplo, a OMS recomenda utilizar as mesmas diretrizes traçadas para exposição ao ar externo. Entretanto, para todos os contaminantes abordados, a OMS estabelece apenas diretrizes e não um padrão obrigatório, cabendo a cada país instituir o seu (WHO, 2010).

No Brasil, a Resolução nº 9 (ANVISA, 2003) determina os Padrões Referenciais de Qualidade do Ar Interior para ambientes de uso público e coletivo, climatizados artificialmente. Os parâmetros estão relacionados aos níveis de concentração de CO<sub>2</sub>, material particulado total, fungos, temperatura, umidade e velocidade do ar. Entretanto, é importante ressaltar que o Brasil

não possui legislação específica para a QAI em ambientes sem climatização artificial.

Destaca-se, ainda, a norma regulamentadora do Ministério de Trabalho, NR-15, anexo nº 11 (MET, 2011), que caracteriza como insalubridade para alguns ambientes específicos, quando ultrapassados os limites de tolerância de exposição a mais de 200 agentes químicos durante as atividades ou operações no local de trabalho. A Consulta Pública nº 109/2003 (ANVISA, 2003a), referente a indicadores de qualidade do ar interior em ambientes de serviços de saúde, faz várias recomendações, e dentre elas, os valores máximos aceitáveis para contaminantes de origem química, tais como as partículas respiráveis com diâmetros menores que 10 µm, fenol, formaldeído, etanol e cloro.

#### **4 CONCLUSÕES**

Uma vez que há evidências comprovadas sobre o impacto da poluição do ar interior na saúde humana, esse aspecto torna-se um campo de pesquisa importante nos parâmetros que compõe a denominada construção sustentável, embora nem sempre sejam tratados com a mesma relevância que os demais indicadores de sustentabilidade, tais como os parâmetros de energia, água e materiais. No entanto, é indiscutível o avanço no cumprimento dessas diretrizes, principalmente, no que se diz respeito ao controle ou redução das fontes de emissão de poluentes e aos sistemas de ventilação capazes de diluir a concentração dos contaminantes.

Foi possível constatar que os aspectos relacionados à QAI, especialmente quando associados às novas práticas projetuais exigidas pela aplicação do conceito de sustentabilidade do ambiente construído, pode ser melhorada através dos critérios discutidos pelo presente artigo, ainda na fase de projeto. Da mesma forma, a avaliação contínua do ambiente, assim como programas de educação ambiental, envolvendo a conscientização sobre hábitos mais saudáveis e o conhecimento sobre as principais fontes de poluição aérea e as respectivas estratégias de melhoria, são fundamentais para a qualidade do ar de interiores, o impacto na saúde humana e em todo o ciclo de vida da edificação.

#### **REFERÊNCIAS**

ANVISA - AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Consulta Pública nº 109, de 11 de dezembro de 2003. Indicadores de Qualidade do Ar Ambiental Interior em Serviços de Saúde. **Diário da União**. Brasília, DF, 11 dez. 2003a.

ANVISA - AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Resolução - RE nº 9, de 16 de janeiro de 2003. Padrões Referenciais de Qualidade do Ar Interior em Ambientes Climatizados Artificialmente de Uso Público e Coletivo. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF, 16 jan. 2003.

BRANIS, M.; REZÁCOVÁ, P.; DOMASOVÁ. The effect of outdoor air and indoor human activity on mass concentrations of PM10, PM2.5 and PM1 in a classroom.

**Environmental Research**, n. 99(2), p.143-149, 2005.

BRICKUS, L.S.R. e AQUINO NETO, F.R. DE. A qualidade do ar de interiores e a saúde pública. **Revista Brasileira de Toxicologia**, n. 14(1), p. 29–35, 2001.

CARAZO FERNÁNDEZ, L., et al. Indoor air contaminants and their impact on respiratory pathologies. **Archivos de Bronconeumología**, n. 49(1), p. 22-27, 2013.

CHALERMWAT, T.; SREBRIC, J.; CHEN, Q. Natural ventilation design for houses in Thailand. **Energy and Buildings**, n. 33, p. 815-824, 2001.

CORBELLA, O.; CORNER, V. **Manual de arquitetura bioclimática tropical para a redução de consumo energético**. 1 ed. Revan, 2012.

EUROFINS. **Product testing**. Disponível em: <<http://www.eurofins.com/en.aspx>>. Acesso em: 09 de abril de 2016.

IARC - INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER. **Agents Classified by the IARC Monographs** , V. 1 – 104, p.1-25, 2012.

INMETRO – INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Qualidade do Ar em Estabelecimentos de Uso Público e Coletivo**. 1993, pp.1-4. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/consumidor/produtos/qualidadedoAr.asp>>. Acesso em: 07 de fevereiro de 2013.

KEELER, M. e BURKE, B. **Fundamentos de projeto de edificações sustentáveis**, Porto Alegre: Ed. Bookman, 2010.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F.O.R. **Eficiência energética na arquitetura**. 3 ed. Rio de Janeiro: Ed. Eletrobás/PROCEL, 2014.

MISSIA D. et al. Indoor exposure from building materials: a field study. **Atmospheric Environment**, n.44(35), p.4388-4395, 2010.

MTE MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. **Norma Regulamentadora NR-15: Atividades e Operações Insalubres**, Brasil. 2011.

PAGEL, E.C. **Qualidade do ar interno da Estação Antártica Comandante Ferraz (EACF) e sua relação com os materiais de construção e as atividades humanas**. 2015. 183 f. Tese de doutorado. Universidade Federal do Espírito Santo, 2015.

SANTOS, J.M. et al. Experimental investigation of outdoor and indoor mean concentrations and concentration fluctuations of pollutants. **Atmospheric Environment**, n.45(36), p.6534-6545, 2011.

SEAMAN, V.Y., BENNETT, D.H. e CAHILL, T.M. Indoor acrolein emission and decay rates resulting from domestic cooking events. **Atmospheric Environment**, n. 43(39), p. 6199–6204, 2009.

SENITKOVA, I. Impact of indoor surface material on perceived air quality. **Materials Science and Engineering**, n. 36 (1), p. 1-6, 2014.

STEINEMANN, A.C. Fragranced consumer products and undisclosed ingredients. **Environmental Impact Assessment Review**, n. 29(1), p.32–38, 2009.

WEI, W.; RAMALHO, O.; MANDIN, C. Indoor air quality requirements in green building certifications. **Building and Environment**, n.92, p.10-19, 2015.

WESCHLER, C.J. Changes in indoor pollutants since the 1950s. **Atmospheric Environment**, n.43(1), p.153-169, 2009.

WHO - REGIONAL OFFICE FOR EUROPE. **WHO guidelines for indoor air quality**. Dinamarca: Nutrition journal, n. 9, p.454, 2010.