



6 a 8 de outubro de 2010 - Canela RS

ENTAC 2010

XIII Encontro Nacional de Tecnologia
do Ambiente Construído

A QUESTÃO DA QUALIDADE DO AR INTERIOR NAS FERRAMENTAS DE AVALIAÇÃO DE SUSTENTABILIDADE EM EDIFICAÇÕES: PROPOSTA ESPECÍFICA PARA A FERRAMENTA ASUS

**Igraine Gonçalves da Silva⁽¹⁾; Leonardo Sperandio Cott⁽²⁾; Paulo Monteiro Martins⁽³⁾;
Laila Souza Santos⁽⁴⁾; Ana Dieuzeide Santos Souza⁽⁵⁾; Cristina Engel de Alvarez⁽⁶⁾;
Neyval Costa Reis Junior⁽⁷⁾**

- (1) Laboratório de Planejamento e Projetos (LPP/UFES), Centro de Artes, Universidade Federal do Espírito Santo - e-mail: igraine_fantin@hotmail.com
- (2) Laboratório de Planejamento e Projetos (LPP/UFES), Centro de Artes, Universidade Federal do Espírito Santo - e-mail: leosperan@hotmail.com
- (3) Laboratório de Planejamento e Projetos (LPP/UFES), Centro de Artes, Universidade Federal do Espírito Santo - e-mail: xmonteirox@gmail.com
- (4) Laboratório de Planejamento e Projetos (LPP/UFES), Centro de Artes, Universidade Federal do Espírito Santo - e-mail: lailasantos@hotmail.com
- (5) Laboratório de Planejamento e Projetos (LPP/UFES), Centro de Artes, Universidade Federal do Espírito Santo - e-mail: anadieuzeide@gmail.com
- (6) Laboratório de Planejamento e Projetos (LPP/UFES), Centro de Artes, Universidade Federal do Espírito Santo - e-mail: cristinaengel@pq.cnpq.br
- (7) Núcleo de Estudos da Qualidade do Ar (NQualiAr/UFES), Centro Tecnológico, Universidade Federal do Espírito Santo - e-mail: neyval@gmail.com

Resumo

Por muito tempo a construção civil adotou materiais construtivos de acordo com suas potencialidades porém sem conhecimento do eventual dano à saúde dos operários e/ou usuários finais das edificações. Alguns compostos químicos, por exemplo, quando inalados ou absorvidos pelo homem podem trazer consequências que vão de simples reação alérgica a graves problemas pulmonares. Com o avanço tecnológico e o reconhecimento das chamadas *síndromes dos edifícios doentes*, percebeu-se a importância de se garantir a qualidade do ar interno das edificações, e vários estudos passaram a ser desenvolvidos, inclusive no âmbito das avaliações de sustentabilidade de edificações. Neste contexto, esta pesquisa teve por **objetivo** estabelecer critérios de avaliação da qualidade do ar a serem abordados na ferramenta de avaliação da sustentabilidade de edifícios, voltada para a realidade da região metropolitana da Grande Vitória-ES, denominada Ferramenta ASUS (Avaliação de Sustentabilidade). Os **procedimentos metodológicos** adotados iniciaram-se com o levantamento dos compostos químicos que podem estar presentes no ambiente; de que forma são emitidos; sua relação com a saúde humana; e formas de controle das fontes de emissão. Em paralelo, foram analisadas as abordagens específicas relacionadas à temática nas ferramentas existentes de avaliação da sustentabilidade de edifícios, sejam elas certificadoras ou não, observando a adequabilidade para o contexto regional considerado e a efetiva disponibilidade de dados para proceder as avaliações. Destaca-se que a Ferramenta ASUS enfatiza a etapa de projeto, assim, o principal **resultado** foi o estabelecimento dos critérios a serem observados no desenvolvimento projetual com o intuito de se garantir a salubridade do ambiente considerando os diversos aspectos do conceito de sustentabilidade em edificações.

Palavras-chave: Sustentabilidade; construção civil; qualidade do ar interno; saúde humana; ASUS

1 INTRODUÇÃO

1.1 Qualidade do ar interior (QAI)

A qualidade do ar interior (QAI) em edificações é, dentre vários outros, um dos aspectos que vêm sendo considerados na proposição e avaliação de edificações sustentáveis. Ao longo dos anos, a questão da QAI ganhou importância e, assim, muitos trabalhos têm sido realizados no intuito de se identificar os principais poluentes presentes em ambientes internos, alguns métodos de controle, bem como a sua avaliação em edificações.

O impacto sobre a saúde e o bem-estar das pessoas que utilizam ou trabalham em ambientes artificialmente aclimatados tem sido tema de pesquisas na área de Saúde Pública desde 1970 (WHO, 2000 apud COSTA; COSTA, 2006), entretanto, o interesse por estudos sobre a QAI ganhou ainda mais relevância após a constatação de que a diminuição das taxas de troca de ar dos ambientes era a principal responsável pelo aumento da concentração de poluentes biológicos e não biológicos no ar interno (SCHIMMER *et al*, 2008).

A determinação de indicadores da QAI é de fundamental relevância, pois esses dados podem ser usados para identificar fontes de poluição, falhas no sistema de ventilação e de ar condicionado, e correlacionar sintomas dos ocupantes com a qualidade do ar (BRICKUS; AQUINO NETO, 1998). A investigação dessas correlações resultou na criação do termo “*Sick Building Syndrome*” (SBS), que objetiva caracterizar edifícios em cujo interior os ocupantes apresentam um quadro doentio transitório, uma vez que os sintomas desaparecem quando os usuários deixam o edifício (CARMO; PRADO, 1999). Tais sintomas podem envolver, por exemplo, dor de cabeça, tonteira, náusea, cansaço, fraqueza, ou até mesmo dificuldade de concentração, irritação nos olhos e garganta (WHO, 1989 apud COSTA; COSTA, 2006).

Além da infiltração de ar externo, que pode conter poluentes atmosféricos, diversos contaminantes são produzidos dentro do próprio edifício, seja pelos materiais de construção baseados em solventes orgânicos; pelos materiais de limpeza; por mofo ou por bolores. Além disso, o próprio uso e ocupação da edificação também afetam a qualidade do ar de interiores já que a atividade metabólica, através de processos como respiração e transpiração, contribui para a diminuição da concentração de oxigênio e aumento da concentração de dióxido de carbono nos interiores arquitetônicos (CARMO; PRADO, 1999). Contaminantes físicos, químicos e biológicos também são importantes fatores na determinação da qualidade do ar de interiores. Segundo Brickus e Aquino Neto (1998), contaminantes usualmente monitorados incluem o dióxido de carbono (CO₂), o monóxido de carbono (CO), os compostos orgânicos voláteis (COV) e voláteis totais (COVsT), os compostos orgânicos semi-voláteis (COSVs), o radônio, materiais particulados, a nicotina e concentrações totais e específica de microorganismos. O Quadro 1 apresenta uma síntese dos principais contaminantes, suas fontes de emissão e possíveis danos à saúde dos ocupantes e aos materiais.

Neste contexto, a gestão adequada da QAI depende do conhecimento e controle das fontes internas de contaminantes e de um adequado sistema de renovação do ar. De maneira geral, sistemas de renovação do ar interno devem ser desenvolvidos para garantir suficiente diluição e/ou extração dos contaminantes internos, porém mantendo os níveis de renovação do ar externo otimizados para garantir a eficiência energética da edificação. Diversos fatores influenciam a eficiência desses sistemas, que vão desde o estudo dos padrões de escoamento no interior da edificação (PAGEL *et al*, 2004) até a análise do desempenho dos filtros (SOUTO, 1999) e a importância do planejamento de manutenção dos sistemas para identificação e eliminação de focos de contaminação (SALGUEIRO, 2006). Desta forma, a QAI depende de aspectos que vão desde a concepção da edificação à sua gestão durante seu uso.

| Compostos | Fontes | Danos |
|---|--|---|
| CO (monóxido de carbono) | Combustão incompleta em veículos automotores, cigarros, compostos orgânicos e queimadores de fogões (ANVISA, 2000) | Reduz os níveis de oxigênio no sangue, causando sérios danos ao cérebro e ao coração (SCHIMER <i>et al</i> , 2008) |
| CO₂ (dióxido de carbono) | Combustão completa de combustíveis fósseis e processos metabólicos (ANVISA, 2000) | Irrita as vias respiratórias e provoca dores de cabeça, náuseas, vertigem, efeitos cardiovasculares e desmineralização de ossos (SCHIMER <i>et al</i> , 2008) |
| SO₂ (dióxido de enxofre) | Combustão de combustíveis fósseis e queima de compostos que contém enxofre (ANVISA, 2000) | A inalação em doses elevadas causa danos ao sistema respiratório inferior; exposições crônicas levam a uma diminuição da função pulmonar (CARMO; PRADO, 1999; SCHIMER <i>et al</i> , 2008) |
| NO_x óxidos de nitrogênio (NO e NO ₂) | Combustão em altas temperaturas e produto das reações entre NO e O ₂ (ANVISA, 2000; BAIRD, 2002) | Compromete a função pulmonar, em elevadas concentrações provoca edema pulmonar. Também deteriora materiais (BAIRD, 2002) |
| COV (compostos orgânicos voláteis) | Cera, mobiliário, produtos usados em limpeza e domissanitários, solventes, materiais de revestimento e polimento, tintas, colas, removedores, processos de combustão, tapetes, adesivos e gasolina (CARMO; PRADO, 1999; ANVISA, 2000; BAIRD, 2002) | Substâncias narcóticas e depressoras do sistema nervoso central; irritam os olhos, vias respiratórias e pele; alguns deles, em concentrações muito elevadas, alteram as funções neurocomportamentais e levam ao desenvolvimento de câncer (BAIRD, 2002) |
| Fumaça de tabaco | Queima de cigarro, cachimbo e charuto (CARMO; PRADO, 1999) | Rinite, faringite, tosse, dor de cabeça, irritação dos olhos e constrição dos brônquios; crianças podem desenvolver asma, infecções respiratórias, bronquite e pneumonia (SCHIMER <i>et al</i> , 2008) |
| O₃ (ozônio) | Máquinas fotocopadoras e impressoras a laser (CARMO; PRADO, 1999) | Causa problemas respiratórios e deterioração de materiais (OMETTO <i>et al</i> , 2005) |
| MP (material particulado) | Poeiras, fibras (CARMO; PRADO, 1999) | Irrita as vias respiratórias e causa a constrição das mesmas. Associa-se a outros gases atingindo pulmões. Além disso, deteriora materiais (SCHIMER <i>et al</i> , 2008) |
| Asbestos | Telhas, materiais isolantes e revestimentos à prova de fogo (CARMO; PRADO, 1999) | Agente cancerígeno; o amianto causa mesotelioma, um tipo de câncer incurável de pulmões, abdome e coração (CARMO; PRADO, 1999) |
| Biológicos (incluem fungos, bactérias, ácaros e vírus) | Pessoas, animais de estimação, regiões úmidas, torres de resfriamento, reservatórios, poeiras, fibras e bandejas de condensação (CARMO; PRADO, 1999; ANVISA, 2000) | Infecções, doenças causadas por microorganismos que invadem os tecidos humanos; alergias; e toxicidade, quando as toxinas produzidas por esses agentes causam efeitos nocivos diretos. Além disso, deteriora materiais (CARMO; PRADO, 1999) |
| Radônio | Entra nas edificações através de fissuras no concreto e piso ou por materiais de construção (CARMO; PRADO, 1999) | Exposição a elevados níveis deste gás pode causar câncer de pulmão (CARMO; PRADO, 1999) |

Quadro 1 - Principais contaminantes presentes em ar de interiores.

1.2 QAI em Ferramentas de Avaliação de Sustentabilidade

A questão da qualidade do ar é considerada em muitos sistemas de avaliação da sustentabilidade em edifícios. Ferramentas de avaliação em diferentes países abordam o tema da QAI, como por exemplo: o *Haute Qualité Environnementale* – HQE (GUIDE..., 2008) da França, que serviu de base para a criação do Alta Qualidade Ambiental – AQUA (FUNDAÇÃO..., 2007), no Brasil; o *Leadership in Energy and Environmental Design* – LEED (LEED, 2009), dos Estados Unidos; o *Hong Kong*

Building Environmental Assessment Method – HK BEAM (HK-BEAM..., 2004), de Hong Kong; o *Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency – CASBEE* (JAPAN..., 2008), do Japão; o *Building Research Establishment Environmental Assessment Methodology – BREEAM* (BUILDING..., 2008), da Inglaterra e o *Green Star* (GREEN..., 2009), da Austrália.

▪ A Ferramenta ASUS

Além das metodologias de avaliação citadas anteriormente, destaca-se também a *SBTool*, um sistema de avaliação implementado pelo *Sustainable Building Challenge* (SBC), um consórcio internacional criado em 1996, originalmente financiado pelo governo do Canadá. A *SBTool* pode ser considerada um pacote de ferramentas que permite que seus sistemas de classificação sejam adaptados, por organizações locais, à região em que se inserem. Dessa forma, através da possibilidade de substituição de marcas de referência genéricas, disponibilizadas na *SBTool*, por dados próprios da região em questão, pode-se obter respostas adequadas às condições específicas (IISBE, 2007a apud SOUZA, 2008).

A questão da adequabilidade da ferramenta *SBTool*, associada ao caráter relativamente amigável do sistema, foram os principais motivos para a escolha do mesmo no embasamento para o desenvolvimento da Ferramenta ASUS – Versão Zero/*SBTool*, instrumento de avaliação do índice de sustentabilidade de edificações brasileiras, em versão preliminar (SOUZA, 2008). A internacionalização proposta pela *SBTool*, entretanto, deve ser cuidadosamente interpretada, visto que seu objetivo é “prover uma base teórica e científica para guiar o desenvolvimento de novos métodos em diferentes regiões”, destacando-se assim a importância de uma revisão meticulosa dos itens e marcas de referência a serem considerados (SILVA, 2007 apud SOUZA, 2008).

No desenvolvimento deste trabalho, em se tratando de um aprimoramento da ASUS e de uma adaptação dos sistemas de avaliação existentes à etapa de projeto e à realidade do Espírito Santo, foi considerada de particular interesse a questão da existência de partículas totais em suspensão (PTS) e partículas inaláveis (PM10) na atmosfera, em especial na Região Metropolitana da Grande Vitória.

Segundo o Relatório da Qualidade do Ar na Região da Grande Vitória (2006), na análise de partículas totais em suspensão (PTS), não houve violação do padrão diário ($240\mu\text{g}/\text{m}^3$) nem do padrão anual ($80\mu\text{g}/\text{m}^3$), onde o valor da média geométrica anual mais alto foi igual a $52,7\mu\text{g}/\text{m}^3$. Para o caso de PM10, tanto o padrão diário ($150\mu\text{g}/\text{m}^3$) quanto o anual ($50\mu\text{g}/\text{m}^3$) não foram ultrapassados em todas as oito estações que compõem a rede de monitoramento da qualidade do ar e realizam esta medição.

Embora os valores apresentados no relatório estejam de acordo com a legislação, o material particulado traz transtornos à saúde e à vida dos moradores da Grande Vitória. Estudos realizados na região detectaram correlações entre o PM10 e o número de atendimentos hospitalares por causas respiratórias (ALMEIDA, 2006 apud SOUSA; GRIPA; BARBOSA, 2009). Outros estudos detectaram um aumento de 7% no número de internações de crianças em faixa etária de 2 a 15 anos para um aumento de $50\mu\text{g}/\text{m}^3$ na concentração de PM10, com defasagem de 5 dias (OSTRO *et al*, 1999 apud SOUSA; GRIPA; BARBOSA, 2009). Além disso, em ambientes internos, onde a demanda por limpeza causada pelo acúmulo de pó nas superfícies é intensa, as pessoas tendem a fechar as janelas para evitar a entrada do material, com implicações no conforto térmico passível de obtenção a partir dos condicionantes climáticos naturais.

Considerando-se a importância da qualidade do ar de interiores e a existência de várias ferramentas de avaliação de sustentabilidade em edifícios para as várias realidades de diferentes países do mundo, considera-se como de grande relevância o desenvolvimento de uma ferramenta de avaliação específica para a Região Metropolitana da Grande Vitória. Dessa forma, espera-se contribuir significativamente com desenvolvimento de edificações mais sustentáveis.

2 OBJETIVO

O objetivo principal da pesquisa foi estabelecer critérios de avaliação da qualidade do ar interior e definir pré-requisitos mínimos para a garantia da salubridade do ar nos ambientes arquitetônicos. Tais critérios foram definidos em caráter preliminar a fim de formar parte do desenvolvimento da Ferramenta ASUS, uma ferramenta de auxílio ao projeto que visa a avaliação de sustentabilidade de

edifícios comerciais, de serviços e públicos, com ênfase para a etapa de projeto e voltada para a realidade da Região Metropolitana da Grande Vitória-ES.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A metodologia adotada para o desenvolvimento deste trabalho teve início com a realização de revisão bibliográfica com foco nos aspectos relacionados à qualidade de ar de interiores, no intuito de se identificar os principais trabalhos realizados e suas diferentes abordagens sobre o assunto. Nessa etapa foram consideradas, ainda, a Resolução - RE n ° 176 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) que dispõe sobre padrões de qualidade do ar interior em ambientes artificialmente climatizados; as normas NBR 16401-3/08, NBR 14679/01 e NBR 6401/80, sobre sistemas de condicionamento de ar e ventilação da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT); e a legislação regional pertinente, como a Portaria n° 139- R de 2009, que dispõe sobre regulamento que contenha requisitos mínimos para o funcionamento de recintos exclusivos para fumar e Lei n° 9220, de 2009, que estabelece normas suplementares à Legislação Federal no tocante ao uso e consumo de produtos fumígenos no âmbito do Estado, ambas do Governo do Estado do Espírito Santo; e a Lei municipal n° 4821, de 1998 que institui o código de edificações do município de Vitória.

Os principais poluentes estudados, as suas diferentes fontes de emissão em ambientes fechados, a relação entre os poluentes e a saúde dos ocupantes e as técnicas de controle também foram aspectos importantes avaliados oriundos de várias pesquisas, normalmente tornados públicos através de artigos específicos, relatórios técnicos, teses e dissertações.

Em seguida, realizou-se pesquisa a fim de identificar algumas ferramentas de avaliação de sustentabilidade relevantes, tendo-se, ao final, escolhido sete delas para respaldar o desenvolvimento de critérios e recomendações para a ASUS. Essas ferramentas são: o HQE (GUIDE...,2008), AQUA (FUNDAÇÃO..., 2007), LEED (LEED, 2009), HK BEAM (HK-BEAM..., 2004), CASBEE (JAPAN..., 2008), BREEAM (BUILDING..., 2008) e *Green Star* (GREEN..., 2009). As referidas ferramentas foram escolhidas por serem de fácil acesso e por serem as mais difundidas em seus países de origem, representando diferentes realidades climáticas e culturais de diferentes países do mundo. Neste momento não se considerou a *SBTool* por esta já fazer parte do embasamento da versão preliminar da ASUS. A análise das ferramentas selecionadas, com enfoque nos temas relacionados à QAI abordados por cada uma delas, resultou no desenvolvimento da Tabela 1.

Após a análise comparativa entre os pontos abordados em cada um dos sistemas de avaliação, realizou-se uma análise crítica dos critérios, objetivando-se a identificação daqueles que se aplicam à região, relevantes para o desenvolvimento de uma ferramenta de avaliação de sustentabilidade para edificações com foco na realidade local.

Tabela 1 - Ferramentas e temas abordados.

| TEMAS ABORDADOS | LEED | AQUA | HK BEAM | BREEM | GREEN STAR | CASBEE | HQE | Total |
|--|------|------|---------|-------|------------|--------|-----|-------|
| Controle da fumaça de tabaco ambiental (FTA). | ✓ | | | | | ✓ | | 2 |
| Monitoramento de CO ₂ . | ✓ | | | | ✓ | ✓ | | 3 |
| Garantia de uma ventilação (natural e mecânica) eficaz. | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | 7 |
| Plano de gerenciamento da QAI na obra durante a construção ou antes da ocupação. | ✓ | ✓ | | | | | | 2 |
| Vazões de ar adequadas às atividades dos ambientes. | ✓ | ✓ | ✓ | | | ✓ | ✓ | 5 |
| Controle dos poluentes biológicos (ácaros, fungos, bactérias e legionella) | | | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | 5 |
| Limitar e reduzir efeitos das fontes de poluição externa. | | ✓ | ✓ | ✓ | | ✓ | ✓ | 5 |
| Limitar fontes de poluição interna (formaldeído, COV, radônio) | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | 7 |
| QAI em estacionamentos. | | | ✓ | | | | | 1 |
| Identificar as fontes de poluição, ao longo do ciclo de vida do edifício. | | ✓ | | | | | | 1 |

Fontes: LEED, 2009; FUNDAÇÃO..., 2007; HK-BEAM..., 2004; BUILDING..., 2008; GREEN..., 2009; JAPAN..., 2008; GUIDE..., 2008.

4 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Os resultados obtidos na pesquisa permitiram o lançamento dos critérios relativos à qualidade do ar de interiores para a avaliação de projetos de edificações do estado na ferramenta ASUS, com ênfase nos aspectos relacionados à sistematização de recomendações projetuais, os quais são apresentados a seguir.

4.1 Quanto ao controle da fumaça de tabaco ambiental

Apenas as ferramentas LEED (LEED, 2009) e CASBEE (JAPAN..., 2008) abordam o tema em suas metodologias de avaliação. Ambas avaliam o edifício segundo a incorporação ou não, em projeto, de um recinto fechado e destinado para fumantes. O LEED (LEED, 2009), além disso, considera que o edifício deve dispor de áreas externas designadas para fumantes.

No Estado do Espírito Santo, a legislação que trata sobre o assunto é a Lei nº 9220 (ESPÍRITO SANTO, 2009) que estabelece normas suplementares à Legislação Federal existente nº 9294 (BRASIL, 1996). Além disso, destaca-se a Portaria número 139-R da SESA-ES (ESPÍRITO SANTO, 2009), que dispõe sobre normas técnicas para os recintos exclusivos para os fumantes.

Considerando-se a importância e universalidade deste aspecto na qualidade do ar interior, o cumprimento aos requisitos legais supracitados e a necessidade de se incluir todos os colaboradores que freqüentem a edificação, a Ferramenta ASUS irá incluir este critério em seu escopo. Dessa forma, garante a salubridade do edifício em suas áreas comuns e assegura o direito de fumar enquanto procedimento democrático e inerente ao conceito de liberdade de escolha dos indivíduos.

4.2 Quanto à eficiência na renovação (natural e mecânica) do ar

Partindo do pressuposto que a ventilação eficaz é aquela capaz de garantir uma taxa de renovação do ar eficiente, ela é considerada de grande importância para assegurar a qualidade do ar de interiores. Dessa forma, a Ferramenta ASUS aborda este critério através das seguintes recomendações:

- Ventilação natural: optar, sempre que possível, por aberturas em fachadas menos atingidas por poluentes; aberturas que não produzam incômodos sonoros aos usuários; aberturas nas fachadas mais ventiladas, e o cumprimento do estabelecido pela Legislação Municipal nº 4821 (VITÓRIA, 1998);
- Ventilação mecânica: utilizar sistema de ventilação e filtros de ar que assegurem vazão de ar, climatização adequada e taxas higiênicas regulamentadas pela NBR 6401 (ABNT, 1980) e NBR 16401-3 (ABNT, 2008).

4.3 Quanto à migração de poluentes

Considerando que o objetivo final é assegurar que as vazões de ar nos ambientes interiores sejam adequadas às atividades neles desenvolvidas, garantindo que não haja migração de poluentes de um ambiente para o outro, a Ferramenta ASUS recomenda isolamento e ventilação independentes a todos os ambientes que contenham equipamentos ou que abriguem atividades geradoras de poluentes químicos.

4.4 Quanto à limitação das fontes de poluição interna (formaldeído, COV, radônio)

Conforme enfatizado anteriormente, muitos poluentes são gerados dentro do próprio edifício por materiais de construção, de limpeza ou ainda pelo próprio uso e ocupação do edifício, sendo a identificação e controle das fontes de poluição interna aspectos de grande relevância na avaliação da qualidade de ar de interiores.

A Ferramenta ASUS faz as seguintes recomendações quanto a este aspecto: selecionar materiais de construção e acabamento que não contenham formaldeído ou compostos orgânicos voláteis; utilizar fibras minerais com ar ou esfera de poliestireno expandido para preencher cavidades de isolamento, ao invés de espuma de uréia-formaldeído (UFF), ou, para casos onde há UFF, certificar-se da ausência de vazamentos (ROAF *et al*, 2009); evitar isolamento termo-acústico que possa causar desprendimento de partículas de fibras minerais, orgânicas ou sintéticas para o ambiente climatizado; selecionar os materiais de construção e acabamento com menor porosidade (ANVISA, 2000).

4.5 Plano de Gerenciamento de QAI

Reconhecendo que muitas das ações relevantes para a garantia da QAI são referentes ao período de operação da edificação, a Ferramenta ASUS considera importante o desenvolvimento de um Plano de Gerenciamento da QAI, que deve conter medidas a serem adotadas durante o uso da edificação, sendo que tal estudo deve ser apresentado juntamente ao projeto.

A importância deste tema reside na redução dos problemas da qualidade do ar interno resultante de processos de construção ou renovação da edificação, contribuindo para o conforto e o bem estar dos trabalhadores e ocupantes do empreendimento. O Plano deverá conter:

- Controle dos poluentes biológicos (ácaros, fungos, bactérias e legionella)

A Ferramenta ASUS reconhece a necessidade de manutenção nos sistemas de climatização mecânicos de acordo com a NBR 14679 (ABNT, 2001) assegurando o controle de agentes biológicos potencialmente causadores de doenças. A manutenção dos sistemas de climatização mecânicos é tarefa realizada ao longo do período de ocupação da edificação, sendo, portanto, considerado uma atividade pós-projetual, que por sua importância, deve ser incluso no Plano de Gerenciamento da QAI.

- Limitar e reduzir efeitos das fontes de poluição externa

Reconhecendo-se a influência que os contaminantes externos exercem sobre a qualidade do ar de interiores, tal aspecto é considerado de grande importância na avaliação da QAI, sendo fundamental a adoção de medidas arquitetônicas, evitando que contaminantes provenientes de fontes de poluição externa infectem ambientes ocupados internamente. Dentre as soluções arquitetônicas passíveis de adoção ainda na fase de projeto, pode ser citado como principal exemplo a localização das entradas de renovação de ar que devem estar situadas fora do alcance de fontes de poluição direta, considerando

principalmente o direcionamento do vento dominante. Além disso, as aberturas devem observar a possibilidade de as fachadas que as contêm estarem voltadas para fontes de poluição local oriundas das atividades cotidianas, tais como vias de circulação intensa, exaustão de restaurantes, dentre outros (FUNDAÇÃO..., 2007). Além disso, recomenda-se:

Para sistema de ventilação mecânica:

- Monitorar os níveis de CO₂ para áreas densamente ocupadas (>27 pessoas/100m²), sendo os sensores instalados a uma altura entre 0,91m e 1,80m do piso (US GREEN..., 2005).
- Para cada sistema de ventilação mecânica, fornecer um dispositivo de monitoramento instalado ao ar livre capaz de medir a taxa de renovação do ar com precisão de 15% em relação aos valores estabelecidos em projeto, conforme definido pela ASHRAE 62.1 (US GREEN..., 2005).

Para sistema de ventilação natural:

- Monitorar as concentrações de CO₂ dentro de todos os espaços ventilados naturalmente. O sensor de CO₂ deve estar localizado nas salas em uma altura entre 0,91m e 1,80m acima do piso (US GREEN..., 2005);
 - Um sensor de CO₂ pode ser usado para monitorar espaços múltiplos se o projeto de ventilação natural usar áreas passivas ou outros meios de induzir igualmente e simultaneamente o fluxo de ar através daqueles espaços sem a intervenção dos ocupantes do edifício (US GREEN..., 2005).
- Identificar as fontes de poluição, ao longo do ciclo de vida do edifício

Abordado apenas pela ferramenta AQUA (FUNDAÇÃO..., 2007), tal tema é adequado para as fases de construção e ocupação da edificação, assim, a Ferramenta ASUS considera que este deve ser um aspecto incluído no Plano de Gerenciamento da QAI a ser implementado após a ocupação da edificação. A título de exemplo das definições da ASUS para esse aspecto, orienta-se que a escolha de mobiliário e produtos domissanitários (saneantes destinados ao uso domiciliar) seja feita optando-se por produtos e materiais que não contenham formaldeído ou compostos orgânicos voláteis. No tocante à questão dos materiais particulados, é recomendado se manter a filtragem de acordo com a norma NBR16401-3 (ABNT, 2008).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho procurou desenvolver critérios de avaliação de sustentabilidade quanto à qualidade do ar de interiores para compor uma das seções da Ferramenta ASUS. Para tanto, avaliou-se o Relatório da Qualidade do Ar na Região da Grande Vitória 2006 (INSTITUTO..., 2007) quanto à concentração de material particulado e efetuou-se análise crítica de sete ferramentas de avaliação de sustentabilidade.

Dos dez critérios analisados, presentes nas ferramentas já existentes, nove foram considerados de inclusão relevante no escopo da Ferramenta ASUS. Alguns dos critérios, no entanto, foram identificados como de aplicação pós-projetual, sendo, nos casos considerados relevantes, adaptados para aplicação no denominado “Plano de Gerenciamento da Qualidade do Ar”, a ser aplicado durante a fase de operação. Destaca-se que este plano deve prever o controle de poluentes biológicos mediante programa de manutenção de sistemas de climatização mecânica (subitem 4.5.1), o monitoramento de CO₂ por meio de mecanismos que limitem os efeitos de fontes de poluição externa (subitem 4.5.2), bem como a identificação de fontes de poluição ao longo da vida útil da edificação (subitem 4.5.3).

Outro importante aspecto na questão da QAI, como visto, é a presença de material particulado na atmosfera. Embora o Relatório da Qualidade do Ar na Região da Grande Vitória 2006 (INSTITUTO..., 2007) considere apenas a questão da não violação dos padrões estabelecidos, destaca-se que a questão do material particulado na região da Grande Vitória, mais que uma questão de saúde, configura-se como uma questão de conforto. A problemática do material particulado é bem conhecida na região, causando incômodo a grande parte da população residente. Dessa forma, novos estudos devem ser feitos no intuito de se identificar como incluir a questão do conforto no escopo da Ferramenta ASUS.

Além disso, destaca-se que ainda são necessários novos estudos que aprimorem o sistema de pontuação em desenvolvimento, objetivando a geração de um índice que identifique o parâmetro de sustentabilidade do projeto da edificação. Tendo já sistematizado os aspectos de mensuração e definidas as pontuações equivalentes será possível a realização de avaliações quantitativas das edificações, possibilitando uma padronização de projetos quanto à preocupação com a QAI e o desenvolvimento de avaliações comparativas entre edificações do mesmo porte por meio do referido índice.

6 REFERÊNCIAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas- ABNT. **NBR 16401-3: instalações de ar-condicionado sistemas centrais e unitários – parte 3: qualidade do ar interior.** Rio de Janeiro, 2008.

Associação Brasileira de Normas Técnicas- ABNT. **NBR 14679: sistema de condicionamento de ar e ventilação – execução de serviços de higienização.** Rio de Janeiro, 2001.

Associação Brasileira de Normas Técnicas- ABNT. **NBR 6401: instalações centrais de ar – condicionado para conforto – parâmetros básicos para projeto.** Rio de Janeiro, 1980.

GUIDE Pratique du référentiel pour la qualité environnementale des bâtiments: Bureau/Enseignement. Paris: Certivéa, 2008.

BAIRD, C. **Química ambiental.** 2. ed. Porto Alegre: Bookman. 2002.

BRASIL, ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução - RE n ° 176, de 24 de outubro de 2000. Disponível em: < http://www.anvisa.gov.br/legis/resol/176_00re.htm>. Acesso em: 27 de abr. 2010.

BRASIL. Lei n° 9294, de 15 de julho de 1996. Dispõe sobre as restrições ao uso e à propaganda de produtos fumíferos, bebidas alcoólicas, medicamentos, terapias e defensivos agrícolas, nos termos do § 4º do art. 220 da Constituição Federal. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília 15 de jul. 1996. Disponível em: <<http://www.in.gov.br>>. Acesso em: 30 de abril de 2010.

BRICKUS, L. S. R.; AQUINO NETO, F. R.A Qualidade do ar de interiores e a química. Rio de Janeiro, 1998.

BUILDING RESEARCH ESTABLISHMENT GLOBAL – BRE GLOBAL. **BRE environmental & sustainability standard: BREEAM Offices 2008 Assessor Manual.** [S.l.] 2008. (Technical Guidance Documents)

CARMO, A. T.; PRADO, R. T. A. **Qualidade do ar interno.** 1999. Texto técnico- Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica da USP, São Paulo, 1999.

COSTA, M. F. B.; COSTA, M. A. F.A Qualidade do ar de interiores e a saúde humana. Disponível em: <www.interfacehs.sp.senac.br> Acesso em: 18 de Abril de 2010.

ESPÍRITO SANTO (Estado). Portaria n° 139- R, de 19 de setembro de 2009. Dispõe sobre regulamento que contenha requisitos mínimos para o funcionamento de recintos exclusivos para fumar. **Diário Oficial [do] Estado do Espírito Santo**, Vitória, 19 setembro 2009. Disponível em <http://www.dioes.com.br/pdfclipper/Pages/wfFolhear.aspx?d=does_20090918&t=104&p=32>. Acesso em: 28 de abr. 2010.

ESPÍRITO SANTO (Estado). **Lei n° 9220, de 18 de junho de 2009.** Vitória, 2009. Disponível em: <<http://governoservico.es.gov.br/scripts/porta1180.asp?pagAtual=1>>. Acesso em: 28 de abr. 2010.

FUNDAÇÃO CARLOS ALBERTO VANZOLINI - FCAV. **Referencial técnico de certificação "Edifícios do setor de serviços - Processo AQUA":** Escritórios e Edifícios escolares. São Paulo: FCAV, out. 2007. (Versão 0).

GREEN Star: office design v3 & office as built v3. Green Building Council of Australia, 2009.

HK-BEAM SOCIETY. **Hong Kong building environmental assessment method.** An environmental

- assessment for new buildings. Version 4/04 “New Buildings”. HK-BEAM Society, 2004.
- INSTITUTO ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS. **Relatório da qualidade do ar na região da Grande Vitória 2006**. Vitória: [s. n.], 2007.
- JAPAN SUSTAINABLE BUILDING CONSORTIUM – JSBC (Ed.). **CASBEE for new construction** - Technical Manual 2008 Edition. Tokyo: Institute for Building Environment and Energy Conservation – IBEC, 2008.
- OMETTO, A. R.; MANGABEIRA, J. A. de C.; HOTT, M. C. Mapeamento de potenciais de impactos ambientais da queima de cana-de-açúcar no Brasil. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12. 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia: INPEP, 2005, p. 2297- 2299.
- PAGEL, E. C.; REIS JR., N. C.; SANTOS, J. M. A influência da ventilação na contaminação de interiores – um estudo experimental. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 23., 2005, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande, 2005.
- ROAF, S.; FUENTES, M.; THOMAS, S. **Ecohouse: a casa ambientalmente sustentável**. Porto Alegre: Bookman, 2009.
- SALGUEIRO, A. V. **Qualidade do ar interior em ambientes climatizados artificialmente**. 2006. Monografia (Formação técnica em Gestão de Serviços de Saúde), Escola Politécnica de Saúde Joaquim Venâncio da Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2006.
- SCHIMER, W. N.; SZYMANSKI, M. S. E.; GAUER, M. A. A poluição do ar em ambientes internos e a síndrome dos edifícios doentes. **Ciência e Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro. 2008. Disponível em: <http://www.abrasco.org.br/cienciaesaudecoletiva/artigos/artigo_int.php?id_artigo=3063&var=1>. Acesso em: 22 de Abril de 2010.
- SOUTO, J. M. A. N. **Impacto dos filtros na qualidade do ar interior**. 1999. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica), Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 1999.
- SOUZA, Ana Dieuzeide Santos. **Ferramenta ASUS: Proposta preliminar para avaliação da sustentabilidade de edifícios brasileiros a partir da base conceitual da SBTool**. 2008. 169p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Centro Tecnológico, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2008.
- SOUSA, V. J.; GRIPA, W. R.; BARBOSA, G. C. Modelagem estocástica dos poluentes: material particulado inalável e óxido de nitrogênio na região da Grande Vitória, ES, Brasil. IX Escola de Modelos de Regressão, 2009, Recife – PE, Brasil. Disponível em: <http://www.eventoexpress.com.br/cdmr/trabalhos/T234.PDF> >. Acesso em: 29 de abril de 2010.
- US GREEN BUILDING COUNCIL – USGBC. **LEED-NC - LEED® for new construction & major renovations**. Version 2.2. for Public Use and Display. USGBC, Oct. 2005.
- LEED 2009 for new construction and major renovation. Washington, DC: U.S. Green Building Council, 2009.
- VITÓRIA. **Lei nº 4821, de 30 de dezembro de 1998**. Institui o código de edificações do município de Vitória - Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano – SEDUR. Vitória, 1998. Disponível em: < <http://sistemas.vitoria.es.gov.br/webleis/Arquivos/1998/L4821.PDF>>. Acesso em: 30 de abril de 2010.

7 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Espírito Santo (FAPES) pelo apoio financeiro concedido para o desenvolvimento da pesquisa, e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelas bolsas de estudos concedidas.