

## **A QUALIDADE DO AR DE INTERIORES: ESTUDO DE CASO EM EDIFÍCIO DE LABORATÓRIOS DE PESQUISA BIOLÓGICA DA FIOCRUZ**

**Renata Cristina Coutinho Lapa (1); Leopoldo Eurico Gonçalves Bastos (2); Mônica Santos Salgado (3)**

(1) Arquiteta, Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura, relapa@gmail.com

(2) Engenheiro, Doutor em Engenharia Mecânica, Professor visitante, leopoldobastos@gmail.com

(3) Arquiteta, Doutora em Engenharia de Produção, Professor associado, monicassalgado@ufrj.br  
Universidade Federal do Rio de Janeiro, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura (PROARQ), Rio de Janeiro-RJ, 21941-590, Tel./FAX (21) 2598-1661/2

### **RESUMO**

Embora os sistemas de climatização e ventilação artificial de edifícios fechados tenham como premissa proporcionar ambientes internos saudáveis e confortáveis para seus ocupantes, diversos estudos têm relacionado à má qualidade do ar interior as queixas de usuários relativas à saúde e ao desconforto ambiental, somadas aos índices de absenteísmo, alterações comportamentais, insatisfação e baixo rendimento no trabalho. Tais efeitos estão associados a uma rede multicausal de fatores, dentre os quais a construção exerce influência significativa. Quando o ambiente destina-se a laboratórios de pesquisa biológica que manipulam agentes patogênicos, o projeto arquitetônico constitui-se um desafio ainda maior na medida em que deve incorporar uma série de variáveis diretamente relacionadas ao conceito de biossegurança - condição necessária ao desempenho de atividades potencialmente perigosas à saúde e ao meio ambiente. Este trabalho refere-se a estudo de caso realizado em edifício ocupado por laboratórios de pesquisa biológica da Fundação Oswaldo Cruz, onde se procedeu à investigação quanto à Síndrome do Edifício Doente. A pesquisa contou com equipe multidisciplinar e seguiu as orientações da RE nº 9 da ANVISA, privilegiando o monitoramento ambiental da possível colonização, multiplicação e disseminação de fungos em ar ambiental interior. Conclui-se que as condições adversas encontradas são resultantes de uma combinação de fatores relacionados ao sistema de condicionamento mecânico do ar e arquitetônicos, destacando-se a implantação no sítio.

Palavras-chave: Qualidade do ar interior, Síndrome do Edifício doente, Laboratórios de pesquisa biológica

### **ABSTRACT**

The design target for refrigeration and ventilation systems in buildings is to proportionate healthy and comfortable indoor ambiances for their occupants. Despite this many studies about, complaint of users related them to low indoor air quality, absences to job, behavior alterations, lack of satisfaction and low work productivity. There is a multi cause net of factors related to those effects and, among them, the building has a significant influence. When a place is destined to have biological research laboratories that manipulate pathogens, the architectonic design is a greater defy, because it must considers in conception phase some variables related to bio-safety concept and understood as a required condition that the activities will be realized are potentially dangerous to the health and to the environment. The aim of this paper is to present a case study about the Sick Building Syndrome in a building laboratories of the Fundação Oswaldo Cruz. The research was conducted by a multi disciplinary team, using as reference the RE nº 9 of ANVISA and attempt to environmental watching of colonization, multiplication and dissemination of mold in the air. As conclusion, it was found that the adverse conditions encountered are due to an ensemble of factors as mechanical air conditioning - ventilation systems, and some existing architectonics characteristics of the building.

Key-words: Internal air quality, Sick Building Syndrome, Biological research laboratories

## 1. INTRODUÇÃO

No século XX, mudanças na lógica de uso e ocupação das cidades, aliadas ao desenvolvimento tecnológico e construtivo, consolidam a tendência ao adensamento das edificações. As cidades, em todo o mundo, assistem à verticalização dos edifícios, cada vez mais fechados, cujos ambientes são controlados artificialmente, graças ao advento do ar condicionado.

Estudos desenvolvidos pela *Environmental Protection Agency* (EPA, 1987) indicam que os ambientes fechados submetidos à climatização artificial podem apresentar ar interior mais poluído do que o exterior, configurando-se em ambientes nocivos à saúde humana. Ressalte-se que tais ambientes são considerados complexos pela variedade de componentes químicos e biológicos oriundos de diversas fontes, que podem interagir entre si, dependendo das condições físicas de umidade, temperatura e velocidade do ar. Os contaminantes do ar interior são os particulados, patógenos microbiológicos, gases e vapores que podem ser gerados no próprio ambiente, pelos seus ocupantes e pelas atividades que são ali desenvolvidas, como também podem ser trazidos do exterior. Tais partículas podem ter, ainda, origem na emissão dos materiais empregados na edificação. Destacam-se os próprios sistemas de condicionamento e ventilação mecânica do ar, cujos componentes, tais como filtros e dutos converteram-se em criadouros e veículos de microorganismos.

Desde a década de 70, a qualidade do ar de interiores tem sido objeto de pesquisas na Saúde Pública, devido ao impacto sobre a saúde e o bem-estar de pessoas que utilizam ou desenvolvem suas atividades laborativas em ambientes aclimatados artificialmente (WHO, 1983). Tais preocupações tornam-se ainda mais relevantes a partir da década de 90, quando, de acordo com Ledford (1994), alterações no *modus vivendi* urbano se consolidam e levam os habitantes a passarem cerca de 90% de seu tempo em ambientes fechados.

O conhecimento sobre as doenças atribuídas a edifícios fechados advém de pesquisas realizadas principalmente na Europa e na América do Norte. No Brasil, embora proliferem construções deste tipo em diversas cidades brasileiras, são poucos os estudos dedicados ao tema. Por este motivo e pela sua relevância, Costa e Costa (2006, p. 2) ressaltam a necessidade de estudos sobre a qualidade do ar no ambiente construído, num âmbito multi e interdisciplinar com vistas a contribuir para sua compreensão e para o “delineamento de indicadores que potencializem a saúde e o bem-estar dos ocupantes de tais ambientes”.

Sterling, Collet e Rumel (1991, p. 61) já afirmavam que a estrutura da construção exerce profunda influência na saúde humana e apontavam que a abordagem da epidemiologia dos edifícios doentes requer um enfoque multidisciplinar, envolvendo também arquitetos e engenheiros, uma vez que “não há uma solução única e simples para este problema”, dada a “multicausalidade dos eventos que levam a reações fisiológicas nos ocupantes de edifícios fechados”. Segundo os autores, os edifícios hermeticamente fechados enfrentam o dilema de regular a temperatura e umidade do ar, uma vez que diferentes espécies de microorganismos se desenvolvem em variadas combinações de temperatura e umidade. Assim, o ambiente interno dos modernos edifícios se “constitui nicho ecológico com seu próprio meio bioquímico, fauna e flora”, configurando-se numa possível fonte de doenças para o homem.

De fato, em ambientes confinados cuja renovação do ar é nula ou insuficiente, rapidamente o ar torna-se desagradável, dificultando até mesmo a respiração pelo acúmulo de poluentes gerados internamente que não têm como serem eliminados ou diluídos suficientemente. Da mesma forma, o risco de transmissão de doenças respiratórias é elevado, ainda que no local se tenha apenas um único indivíduo doente.

A partir de 1970, o conjunto de queixas relacionadas à saúde e conforto relatadas por ocupantes dessas edificações levou a Organização Mundial da Saúde a definir a Síndrome do Edifício Doente (SED). Os “edifícios doentes” são assim designados quando ocupantes de edificações não industriais apresentam prevalência superior a 20% dos sintomas descritos na Tabela 1 – Sintomas mais comuns na SED. Cumpre observar que não há uma doença específica, mas um conjunto de queixas relacionadas ao tempo de permanência na edificação.

Na seqüência, uma série de estudos comparativos demonstrou que a prevalência de queixas provenientes de ocupantes de edifícios fechados era de, pelo menos, o dobro do que nos ocupantes de edificações ventiladas naturalmente. Também a taxa de absentismo foi elevada entre funcionários transferidos de um edifício com ventilação natural para outro, climatizado artificialmente (ARUNDEL et al, 1986).

Tabela 1 – Sintomas mais comuns na SED

<b>Sintomas de mucosa</b>	Lacrimajamento, coriza e obstrução nasal, prurido, irritação, dor e secura, afetando a mucosa ocular, nasal e faríngea
<b>Sintomas asmáticos</b>	Opressão torácica, tosse, dispnéia (falta de ar) e sibilos (chiados)
<b>Sintomas neuro-tóxicos</b>	Cefaléia, letargia, dificuldade de concentração e irritabilidade
<b>Sintomas cutâneos</b>	Prurido, xerodermia (pele seca), irritação e eritemas (vermelhões)
<b>Outros sintomas</b>	Gastro-intestinais, hematológicos, alterações visuais e percepção aumentada para odores

Fonte: Graudenz et al (2006)

No Brasil, uma das definições mais significativas para a qualidade do ar de interiores é dada pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) sob a denominação de ambiente aceitável:

Ambientes aceitáveis são aqueles ambientes livres de contaminantes em concentrações potencialmente perigosas à saúde dos ocupantes ou que apresentem um mínimo de 80% dos ocupantes destes ambientes sem queixas ou sintomatologia de desconforto (ANVISA, 2003).

Vários fatores afetam a Qualidade do Ar do Interior (QAI) dos edifícios como, por exemplo, a localização geográfica, o clima, as fontes de materiais poluentes, os processos de trabalhos, os próprios ocupantes da edificação etc. É importante ressaltar que também há fatores subjetivos envolvidos neste tipo de avaliação, inserida num escopo maior do tema conforto ambiental. Assim, contribuem para a determinação da qualidade do ar no interior de edifícios agentes de natureza física, química e biológica (ASHRAE, 1997).

Quanto aos poluentes biológicos, a literatura tem enfatizado os riscos à saúde pela exposição a estes contaminantes em ambientes fechados, sobretudo para indivíduos alérgicos ou com debilidade imunológica, apontando que pessoas podem se tornar suscetíveis a um determinado poluente após repetitivas exposições.

Além dos meios físicos proporcionados principalmente por componentes dos sistemas de condicionamento e ventilação mecânica do ar, tais como filtros, dutos e bandejas, os agentes biológicos podem se proliferar com mais facilidade, dependendo das condições ambientais relativas a temperatura e umidade. A Figura 1 – Condições ambientais e efeitos adversos à saúde, indica que os fungos, em particular, se multiplicam no meio a partir de uma taxa de umidade relativa do ar de 65%. No caso brasileiro, em muitas regiões, os problemas estão associados com o excesso de umidade do meio interno, sendo que as condições climáticas corroboram para tanto.

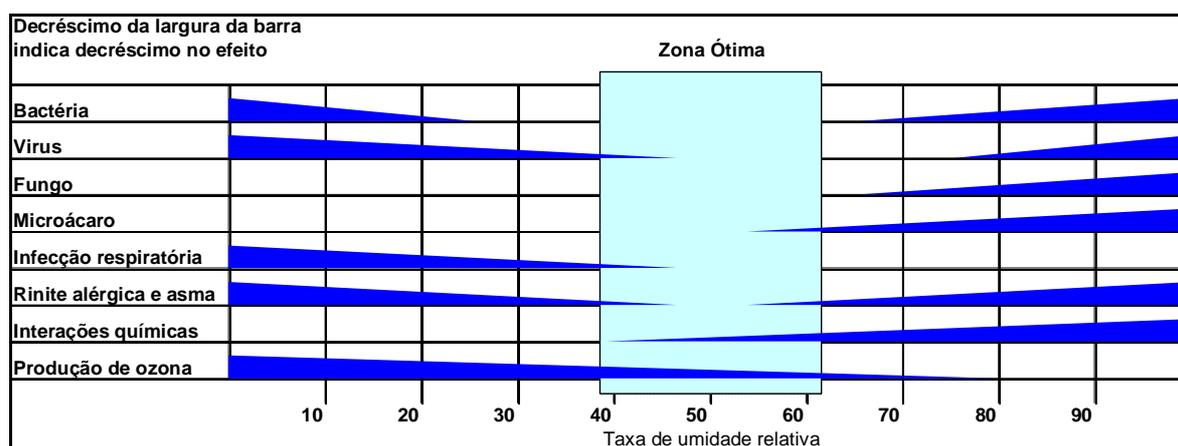


Figura 1 – Condições ambientais e efeitos adversos à saúde

Fonte: Arundel et al (1986)

Nos laboratórios para trabalho em pesquisa biológica, a qualidade do ar deveria ser objeto de atenção especial por parte dos projetistas, pois envolve questões de segurança tanto para os trabalhadores como para o meio ambiente. Além disso, a QAI pode ter implicação direta sobre a qualidade dos trabalhos de pesquisa desenvolvidos nestes locais. As atividades de pesquisa com agentes biológicos representam sério risco ocupacional e ambiental na medida em que envolvem a geração de aerossóis potencialmente patogênicos visto que tais materiais são justamente objeto de estudo de pesquisadores.

Portanto, a garantia da qualidade do ar nestes ambientes também depende diretamente dos meios de contenção que são adotados na sua manipulação. É importante lembrar que as barreiras de contenção devem

ser providas de forma a se evitar, também, que haja contaminação do meio externo. Especificamente quanto ao provimento de tais barreiras, as mesmas estão contidas no conceito de biossegurança, ou, conjunto de saberes direcionados para ações de prevenção, minimização ou eliminação de riscos inerentes às atividades de pesquisa, produção, ensino, desenvolvimento tecnológico e prestação de serviços, as quais possam comprometer a saúde do Homem, dos animais, das plantas e do ambiente ou a qualidade dos trabalhos desenvolvidos (FIOCRUZ, 2005).

Em abril de 2008, um pesquisador chefe de laboratório, acionou o setor de engenharia de segurança do trabalho da instituição para que se realizasse avaliação ambiental nas dependências de um de seus laboratórios, apresentando-se queixa de desconforto oftalmológico. Inicialmente a queixa foi associada a desconforto visual por fadiga e estresse físico-emocional, pois o laboratório em questão tinha intensa atividade uma vez que sua patologia de pesquisa apresentava-se em quadro de epidemia na cidade à época e a fonte queixosa era de pesquisador na faixa etária superior a 50 anos. Entretanto, durante visita ao local, a equipe técnica percebeu que, potencialmente, a qualidade do ar interno estava comprometida, pois em poucos minutos já se sentiam afetados pelos sintomas característicos da SED. Além disto, a simples presença dos profissionais no local suscitou imediata mobilização dos demais ocupantes do prédio solicitando que outros laboratórios fossem, também, imediatamente visitados, pois seus ocupantes apresentavam queixas semelhantes.

## **2. OBJETIVO**

Este artigo tem como objetivo explorar a influência da construção e seu planejamento na qualidade do ar interior a partir de estudo de caso realizado em edifício ocupado por laboratórios de pesquisa biológica da Fundação Oswaldo Cruz, onde se procedeu à investigação quanto à Síndrome do Edifício Doente.

## **3. MÉTODO**

A pesquisa de cunho experimental e abordagem quali-quantitativa contou com equipe multidisciplinar composta por engenheiros de segurança do trabalho com formação em Arquitetura e Engenharia Química e de Biólogo, assessorada por alunos de iniciação científica e de pós-graduação. O trabalho foi subsidiado por um roteiro estruturado em três etapas: a) avaliação preliminar; b) investigação da queixa; c) medições físicas e coletas para análise microbiológica; e seguiu as orientações da RE nº 9 da ANVISA, privilegiando o monitoramento ambiental da possível colonização, multiplicação e disseminação de fungos em ar ambiental interior.

Os equipamentos empregados são do patrimônio institucional e consistem de termo-higrômetro e termo-anemômetro de leitura direta e amostrador de ar por impactação com acelerador linear.

As análises microbiológicas por cultivo ficaram a cargo do Laboratório de Taxonomia, Bioquímica e Bioprospecção de Fungos da Fiocruz, sendo que a instituição também dispõe de Laboratório de Metrologia e Validação para calibração de alguns equipamentos de medição.

### **3.1. Avaliação preliminar**

Esta etapa teve como objetivo levantar e avaliar as condições ambientais do local e da arquitetura existente: entorno, características construtivas do edifício e sua implantação, contando com o suporte do programa de simulação SOL-AR 6.1, do Laboratório de Eficiência Energética em Edificações da Universidade Federal de Santa Catarina, através do qual se obteve a trajetória solar em quatro orientações distintas do prédio: noroeste, sudoeste, nordeste e sudeste. Além disso, procedeu-se à inspeção visual dos ambientes e conversas extensivas com os usuários para fins de mapeamento geral das atividades, de características funcionais e dos problemas ambientais relatados. As áreas identificadas como potencialmente problemáticas e sintomáticas foram objeto de registro fotográfico e mapeadas em planta.

### **3.2. Investigação da queixa**

Neste segundo momento, foi levantada a densidade populacional dos laboratórios e em seguida, aplicado entre os ocupantes um inquérito epidemiológico, de preenchimento voluntário, para averiguação de queixas de desconforto relacionadas às condições ambientais para investigação de “Síndrome do Edifício Doente”. Paralelamente, coletaram-se informações sobre o sistema de ventilação e refrigeração mecânica do ar, constituídas de dados de concepção do projeto, condições de funcionamento e manutenção. Também

foram identificados quais produtos químicos são comumente usados em pesquisa biológica que produzem vapores e suas condições de manipulação.

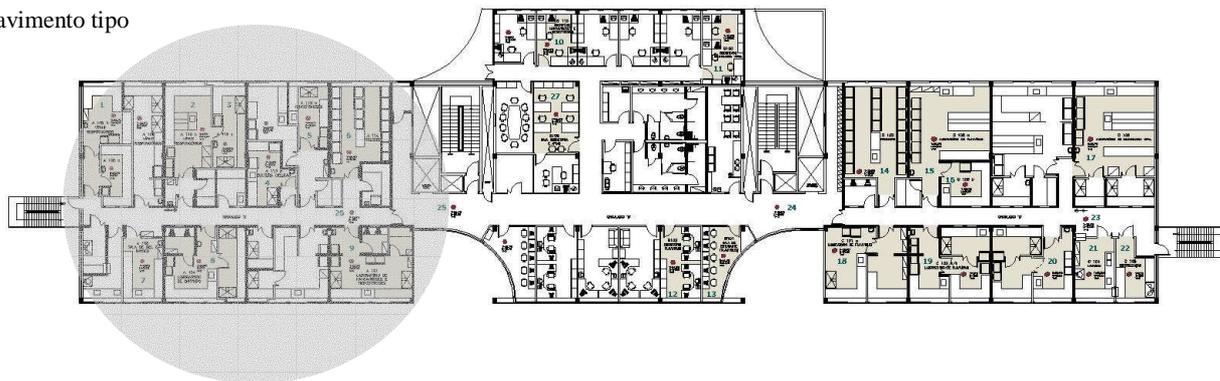
### 3.3. Medições físicas e coletas para análise microbiológica

Neste momento, foram realizadas coletas de ar para análise microbiológica e medição de parâmetros físicos relativos à umidade, temperatura e velocidade da corrente de ar, com a distribuição de pontos relacionada na Tabela 2 – Total de pontos de coleta por pavimento, cobrindo-se as alas A, B e C do prédio e com distintas orientações em relação ao sol. A amostragem feita é bastante superior ao determinado pela Resolução 09 (ANVISA, 2003), segundo a qual deve ser colhida o número mínimo de 1 (uma) amostra em áreas de até 1.000 m<sup>2</sup>. Os pontos foram coletados em dois momentos distintos entre os meses de maio e junho de 2008. A Figura 2 – Indicativo de pontos de coleta, ilustra as amostragens realizadas num dos pavimentos da edificação. Todos os laboratórios dos pavimentos foram atendidos, com uma única exceção que não respondeu à abordagem feita por escrito.

Tabela 2 – Total de pontos de coleta por pavimento

Pavimento	Número de pontos
Térreo	7
Primeiro	27
Segundo	14
Exterior	2
Total	49

(A) Pavimento tipo



(B) Detalhe da ala “A”



Figura 2 – Indicativo de pontos de coleta

## 4. ANÁLISE DE RESULTADOS

### 4.1. Avaliação preliminar

A edificação cujos ambientes foram avaliados possui cerca de 6.000 m<sup>2</sup> distribuídos em 4 pavimentos. Projetada originalmente para abrigar laboratórios químicos, no final de 2002 sua construção foi interrompida uma vez que as atividades programadas para serem executadas no seu interior foram rededicadas a outra edificação.

O prédio, em lajes protendidas, já estava em adiantado estado de construção, parcialmente revestido pelo seu lado externo, alvenaria interna concluída, sistema de dutos para ventilação instalado, maquinário de condicionamento central de ar já adquirido, instalação hidráulica principal pronta etc, quando houve a decisão de adaptá-lo de forma a acolher laboratórios de pesquisa biológica.

Entretanto, face ao estágio avançado da obra, o projeto de adaptação foi desenvolvido sem que os rigores intrínsecos aos laboratórios biológicos fossem atendidos, privilegiando-se ajustes sequenciais de leiaute no transcorrer da obra. Como resultado, as condições de biossegurança são adversas, sobretudo no que se refere à ventilação.

Pela configuração espacial adotada, cada pavimento está dividido em 3 (três) alas: A, B e C; na parte central estão situados escritórios, secretarias e áreas de apoio administrativo, nas alas das extremidades estão situados os laboratórios. O último pavimento foi destinado aos biotérios e plataformas multiusuários para trabalho em contenção biológica.

A ocupação ocorreu a partir de janeiro de 2008, concomitantemente com a desmobilização das áreas anteriormente ocupadas pelos laboratórios em outros edifícios do *campus*. Em abril do mesmo ano, teve início o processo de queixas relativas aos ambientes de trabalho.

Os laboratórios têm piso em manta vinílica, pintura acrílica nas paredes, forro rebaixado em placas de fibra mineral, portas e mobiliário com revestimento em melamina, sendo que muitas das bancadas são em aço inox, e janelas em esquadrias em alumínio anodizado. Nas áreas administrativas e de escritórios, foram empregadas divisórias em gesso acartonado.

Nas inspeções visuais, documentadas por registros fotográficos e anotações em planta, foram identificadas as áreas potencialmente problemáticas e sintomáticas pela observação de indicadores de umidade excessiva como o crescimento visível de fungos sobre superfícies, exemplificado na Figura 3 – Colônias de fungos nas superfícies. Também se constatou o comprometimento de equipamentos essenciais aos laboratórios, tais como as cabines de segurança biológica e outros aparelhos que compõem o aparato tecnológico, inclusive adquiridos recentemente.



Figura 3 - Colônias de fungos nas superfícies.

Quanto às condições de implantação e da arquitetura existente no entorno, constatou-se que a edificação foi erguida em uma área densamente ocupada por outras construções e vegetação sem que fossem respeitados afastamentos mínimos, tal como demonstra a Figura 4 – Implantação da edificação. Ressalte-se que nem mesmo a previsão de demolição de uma edificação vizinha em condições precárias e da qual dista apenas 3m, foi consumada. Some-se a isto o fato do prédio ocupar o rés-do-chão, prejudicando sobremaneira a aeração local.

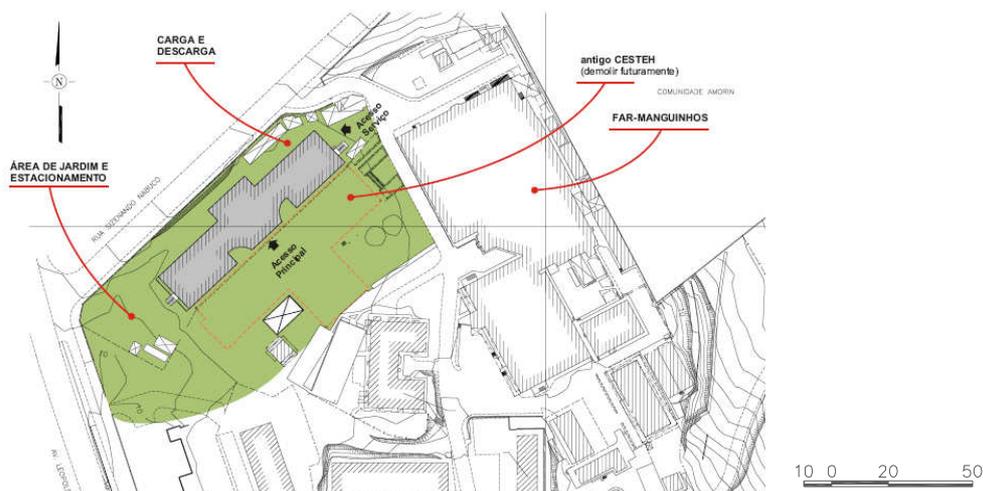
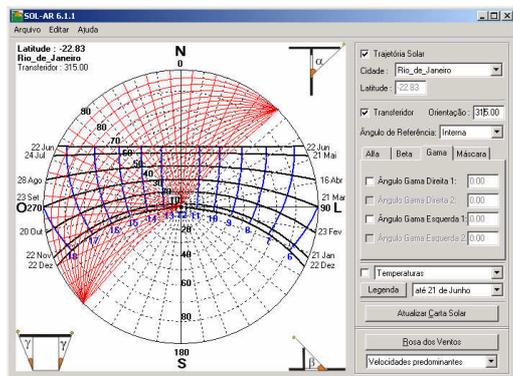


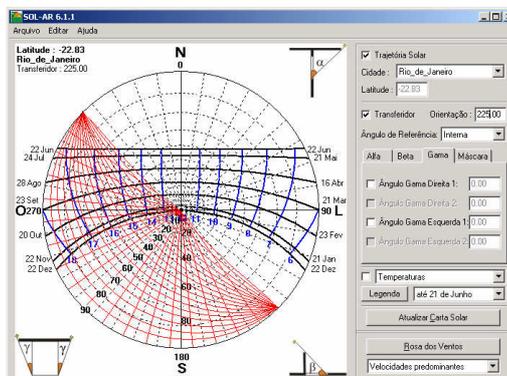
Figura 4 – Implantação da edificação

Através do programa de simulação SOL-AR 6.1, se obteve a incidência solar nas quatro orientações de fachadas do prédio: noroeste, sudoeste, nordeste e sudeste, ilustradas na Figura 5 – Incidência solar na edificação, evidenciando as condições desfavoráveis, agravadas pelo fato de existirem salas distribuídas no eixo central dos pavimentos sem provisão de janelas. Ressalte-se que não há elementos sombreadores nas fachadas.

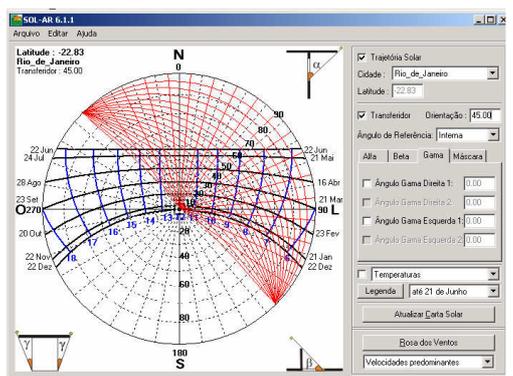
(A) Fachada Noroeste



(B) Fachada Sudoeste



(C) Fachada Nordeste



(D) Fachada Sudeste

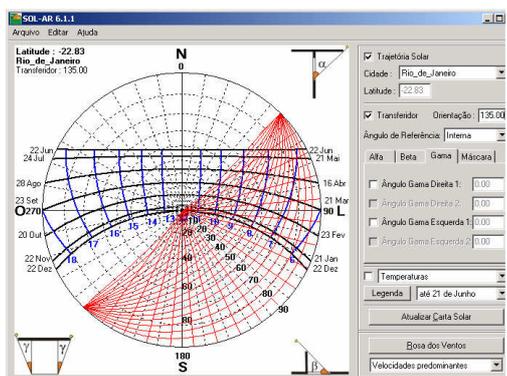


Figura 5 – Trajetória solar da edificação

A leitura da Figura 5 – Trajetória solar da edificação mostra que a radiação solar incide na fachada noroeste da seguinte forma: solstício de inverno: sol das 9:15h às 17:20h; equinócios: sol das 10:50h às 18:00h; e, solstício de verão: sol das 12:00 às 18:50h. Já na fachada sudoeste, a radiação solar incide assim: solstício de inverno: sol das 15:10h às 17:20h; equinócios: sol das 13:40h às 18:00h; e, solstício de verão: sol das 12:00 às 19:00h. Quanto à fachada nordeste a radiação solar tem o seguinte comportamento: solstício de inverno: sol das 6:40 às 14:40h; equinócios: sol das 6:00 às 13:00h; e, solstício de verão: sol das 5:00 às 12:00h. Finalmente, a radiação solar incide na fachada sudeste da seguinte forma: solstício de inverno: sol das 6:30 às 8:50h; equinócios: sol das 6:00 às 10:20h; e, solstício de verão: sol das 5:00 às 12:00h.

Entende-se que a implantação da edificação no terreno não considerou a orientação solar, uma vez que as fachadas que recebem maior incidência de radiação correspondem a empenas cegas do edifício. Além disso, o sistema de climatização não oferece dispositivos de controle de temperatura por ambiente, gerando desconforto. Por sua vez, a percepção de desconforto térmico pelos usuários é acentuada devido à falta de controle da umidade na atmosfera interna, conforme constatado nas medições realizadas (vide item 4.3 *Medições físicas e coletas para análise microbiológica*). Assim, os resultados demonstram que tais fatores corroboram decisivamente para o comprometimento da Qualidade do Ar Interior do edifício.

Como problema externo, destaca-se que o cercamento do prédio aos ventos pelo seu entorno próximo, dificulta um aproveitamento do regime local dos ventos. Além disso, não houve um cuidado quanto à localização das tomadas do ar exterior para fins de renovação do ar, que devem ser normalmente voltadas a barlavento. É sabido que os pré-filtros dos equipamentos têm dimensões consideráveis, pois a renovação de ar deve ser grande, e os mesmos saturam-se com uma semana de uso. Em consequência, têm sido observados desbalanceamentos no sistema de ventilação do sistema, principalmente quanto aos gradientes de pressão.

## 4.2. Investigação da queixa

O sistema de condicionamento de ar e ventilação é atendido por ala do prédio. Ou seja, para cada ala há compartilhamento de ar com origem em máquina tipo *fan coil* única por fachada (sudeste e noroeste). Desta forma, com algumas exceções pontuais, tem-se que o ar pode recircular de um ambiente de laboratório para outro, condição de não conformidade com os requisitos mínimos de biossegurança em instalações do tipo, situação que engloba praticamente todos os laboratórios do prédio.

Dentre os produtos químicos destacam-se as soluções de etanol a 70% e solventes orgânicos tais como tolueno, xileno e clorofórmio, este último em crescente desuso por substituição. Os materiais são empregados em volumes pequenos, estando disponível capelas de exaustão química nos locais de manipulação, com exceção do etanol, usado em escala significativa e sem exaustão pontual. O formaldeído é sempre disponível para uso por se tratar de descontaminante eficaz e, em sendo substância gasosa, é usada para fumigações, realizadas eventualmente e sem periodicidade definida. A avaliação química ambiental foi apenas qualitativa e parcial, não sendo possível inferir possíveis impactos na qualidade do ar interior.

Também de forma qualitativa considera-se relevante mencionar que gases inertes tais como gás carbônico, principalmente, são encontrados nos laboratórios, armazenados em cilindros para alimentar a atmosfera de estufas destinadas à cultura de agentes biológicos anaeróbicos. Não é incomum que este mesmo gás, solidificado como gelo seco, circule pelos ambientes de laboratório em caixas térmicas especiais para transporte de amostras biológicas que necessitam de conservação por frio.

Há, ainda, que se mencionar o acervo preservado sob criogenia usando-se como fonte de frio a baixas temperaturas (- 196° C) o nitrogênio, sendo bastante comum a presença de bombonas e outros recipientes contendo o gás liquefeito nos laboratórios. Este estudo de caso não contemplou a análise do teor de oxigênio e outros gases asfixiantes simples na atmosfera de trabalho. Além de não se dispor dos aparatos específicos, a investigação em questão estava relacionada com as queixas dos usuários relacionadas com as sensações físicas, principalmente frio, aspectos microbiológicos dos ambientes de trabalho e nexos causal com agravo de saúde dos trabalhadores.

A tabulação do inquérito epidemiológico caracterizou a SED, uma vez que o elevado percentual de ocupantes apresenta queixa de saúde relacionada ao ambiente. Do total de 189 ocupantes, mais de 68% respondeu ao inquérito, totalizando 129 respondentes. Deste universo, 109 apresentaram alguma queixa, perfazendo um percentual de mais de 84% de queixas. Registre-se que a SED está caracterizada quando 20% dos ocupantes de um ambiente relatam alteração de saúde em virtude das condições ambientais. Estes dados estão tabulados no Tabela 3 – Resultado do inquérito epidemiológico.

Tabela 3 – Resultado do inquérito epidemiológico

	Pavimento			Total	Percentual
	Térreo	Primeiro	Segundo		
Ocupantes	48	72	69	189	-
Respondentes	28	48	53	129	68,3%
Sintomas respiratórios como: tosse seca ou não, dificuldade respiratória, garganta irritada ou outros?	19	34	40	93	72,1%
Problema de pele como: coceira, ardência, vermelhidão, inchaço ou outros?	5	11	10	26	20,2%
Problema de mucosas como: coceira, ardência, vermelhidão, inchaço, lacrimejamento ou outros?	14	24	25	63	48,8%
Sintoma geral tal como: dor de cabeça, letargia, dificuldade de concentração, fadiga ou outros?	17	32	31	80	62,0%
Sem queixas	5	6	9	20	15,5%
Com alguma queixa	-	-	-	109	84,5%

### 4.3. Medições físicas e coletas para análise microbiológica

A contagem de colônias de fungos por volume foi superior ao limite estabelecido pela ANVISA em 16 dos pontos coletados, perfazendo percentual maior do que 34%. Em 25 pontos amostrados a umidade relativa do ar era superior ou próxima ao limiar estabelecido pela norma ABNT NBR 7256:2005 sobre Tratamento de ar em estabelecimentos assistências de saúde – requisitos para projeto e execução das instalações (ABNT, 2005), correspondendo a mais 53% da amostragem. A situação de não-conformidade se repetiu em 12 dos pontos amostrados quando o parâmetro confrontado se refere à temperatura ambiente, para mais ou para menos dos limites estabelecidos em norma, totalizando quase 26%. Entretanto, deve ser ressaltado que uma das salas abriga termo-cicladores, equipamentos que necessitam de temperatura técnica de 19° C para operação, quesito não contemplado de forma satisfatória, pois a temperatura ambiente está planejada para conforto. Já a velocidade do ar medida em todas as saídas de ar condicionado correspondeu a 0 (zero) m/s, evidenciando-se que não é atingida a taxa de renovação de ar esperada de 27 m<sup>3</sup>/hora/pessoa, conforme preconizado pela ANVISA, e indicando que o sistema de filtragem do ar, por estar sujo, impedia a passagem do ar novo de renovação.

Os equipamentos empregados são do patrimônio institucional e consistem de termo-higrômetro e anemômetro de cata-vento de leitura direta e amostrador de ar por impactação com acelerador linear. As análises microbiológicas por cultivo ficaram a cargo do Laboratório de Taxonomia, Bioquímica e Bioprospecção de Fungos da Fiocruz, sendo que a instituição também dispõe de Laboratório de Metrologia e Validação para calibração de equipamentos de medição.

Segundo o laudo microbiológico, os resultados qualitativos mostram que a maioria dos fungos isolados é comumente encontrados no ar. Porém, como as contagens encontradas estão acima do Valor Máximo Recomendado (VMR) e levando-se em consideração que a maioria dos fungos são oportunistas e alergênicos (principalmente *Aspergillus niger*; *Aspergillus* sp; *Penicillium* sp); pessoas já sensibilizadas ou alérgicas podem ter reações quando entram em contato constante e continuado com ambientes com VMR altos.

O isolamento da espécie *Aspergillus fumigatus*, patogênica ao homem e a animais e agente causal da Aspergilose pulmonar, é um fator que, independentemente da contagem de UFC encontrada, coloca o ambiente fora da conformidade, pois conforme a RE 09/2003, não é permitido o isolamento de fungos patogênicos ou toxigênicos.

O prédio, atualmente, está cercado de obras de manutenção do *campus*. Além disso, tem-se muita vegetação no seu entorno e orientação solar desfavorável. Especula-se que tais condições ambientais externas propiciaram o isolamento de *Neurospora crassa* (comumente encontrada em madeira de tapumes e obras em geral) e fungos pertencentes à Família Dematiaceae que engloba os fungos fitopatogênicos (*Cladosporium* sp, *Alternaria* sp, *Curvularia* sp, *Scopulariopsis* sp).

## 5. CONCLUSÕES

Os resultados quali-quantitativos evidenciam que o prédio em questão tem seu ambiente interno caracterizado pela Síndrome do Edifício Doente, comprovando-se os resultados do inquérito epidemiológico, de preenchimento espontâneo, com as medições físicas e microbiológicas realizadas.

Dentre as causas prováveis da baixa qualidade microbiológica do ar apontam-se a implantação do prédio, entorno natural e artificial, e problemas relacionados à concepção do projeto e montagem dos sistemas de climatização artificial, gerando ambiente interno excessivamente úmido, com temperatura não controlada e sem renovação adequada de ar.

Diante da constatação de um caso de SED, enfatiza-se a importância da atuação de equipes multidisciplinares desde a etapa de concepção de projetos, fase muitas vezes negligenciada mas que se revela cada vez mais estratégica para a qualidade dos ambientes construídos e, conseqüentemente, para o adequado desempenho dos edifícios.

Espera-se que este trabalho possa contribuir para a consolidação de um campo de estudo que, no Brasil, ainda carece de investigações mais aprofundadas.

## 6. REFERÊNCIAS

- ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária). **Resolução RE nº 9**. Diário Oficial da União, Brasília, 29 out. 2000.
- \_\_\_\_\_. Resolução RE nº 9. Diário Oficial da União, Brasília, 20 jan. 2003.
- ARUNDEL, A.; STERLING, E.M.; BIGGIN, J.H.; STERLING, T.D. **Indirect effects of relative humidity in indoor environments**. Environ. Health Perspect.,65:351-61, 1986.
- ASHRAE. **Indoor environmental health**. In: ASHRAE Handbook – Fundamentals. Cap. 9, 1997.

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7256 - Tratamento de ar em estabelecimentos assistenciais de saúde (EAD) - Requisitos para projeto e execução das instalações**. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.
- COSTA; M. F. B. da; COSTA, M. A. F. **A qualidade do ar de interiores e a saúde humana**. Interfatachs – Revista de Gestão Integrada em Saúde do Trabalho e Meio Ambiente – v.1, n. 2, Artigo 5, dez 2006.
- ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Common indoor pollutants, their sources and known health effects**. In: Environmental Protection Agency. EPA indoor air quality implementation plan. Washington DC, Office of Research and Development, Office of Air Radiation, 1987.
- FIOCRUZ (Fundação Oswaldo Cruz). Comissão Técnica de Biossegurança. **Procedimentos para manipulação de microrganismos patogênicos e/ou recombinantes na FIOCRUZ**. Rio de Janeiro, 2005.
- GRAUDENZ et al. **Persistent allergic rhinitis and indoor air quality perception-na experimental approach**. Indoor Air 16(4): 313-9, 2006.
- Laboratório de Eficiência Energética em Edificações. **Programa Analysis SOLAR versão 6.1.1**. Universidade Federal de Santa Catarina. Departamento de Engenharia Civil. Disponível em: <<http://www.labee.ufsc.br/software/analysisSOLAR.htm>>. Acesso em: nov. 2008.
- LEDFORD, D. K. **Indoors allergens**. J Allergy Clin Immunol, (2 Pt 2): 327-34, 1994.
- STERLING, T. D.; COLLET, C; RUMEL, D. A epidemiologia dos “edifícios doentes”. Revista de Saúde Pública: São Paulo, 25(1): 56-63, 1991.
- WHO (World Health Organization). **Indoor air quality: biological contaminants**. Copenhagen, Denmark, 1983.

## 7. AGRADECIMENTOS

A realização deste trabalho contou com a colaboração da Arquiteta Marta Ribeiro Valle Macedo; da Engenheira de Segurança do Trabalho Valéria Michielin Vieira e da Dra. Áurea Lage de Moraes, Chefe do Laboratório de Taxonomia, Bioquímica e Bioprospecção de Fungos do Instituto Oswaldo Cruz, bem como de sua equipe de técnicos, alunos e bolsistas.