

INTERAÇÃO DA VENTILAÇÃO NATURAL, MECÂNICA E CLIMATIZAÇÃO: ESTUDO DO HOSPITAL SARAH KUBITSCHKEK FORTALEZA, DO ARQUITETO JOÃO FILGUEIRAS LIMA, LELÉ

Jorge Isaac Perén (1); Rosana Maria Caram (2)

(1) Arq. Mst., (11) 7256-1671, e-mail: isaacperen@ig.com.br

(2) professora associada, (16) 3373-9308, e-mail: rcaram@sc.usp.br

(1) (2) EESC – USP, Av. Trabalhador São Carlos, nº 400, São Carlos - SP

RESUMO

A ventilação natural deverá ser considerada desde o início da concepção do edifício. Sua eficiência depende do conhecimento de princípios básicos da ventilação, por diferença de pressão e pelo “efeito chaminé”. Em clima quente-úmido, a forma do edifício e de seus componentes é fundamental para garantir uma eficiente ventilação natural e adequada proteção contra a radiação solar direta. Uma boa implantação e uma correta setorização do programa hospitalar são necessárias. Destaca-se a existência de áreas de “transição” entre interior e exterior, que favoreça a adaptação gradativa das pessoas aos ambientes com ar condicionado, evitando-se assim o “choque térmico”. O objetivo deste artigo é ilustrar, por meio do hospital Sarah Kubitschek Fortaleza, do Arquiteto João Filgueiras Lima, as vantagens da ventilação natural como estratégia bioclimática para a obtenção do conforto térmico em climas quente-úmidos. Os ambientes especiais requerem níveis de umidade, temperatura e pressão de ar controlados. Por outro lado, os ambientes flexíveis não requerem controles excessivos, atendendo, porém, unicamente ao conforto térmico. Conclui-se que a organização do programa hospitalar pode ser realizada a partir dos ambientes especiais e ambientes flexíveis, garantindo o conforto necessário por meio da ventilação natural e, quando necessário, a ventilação mecânica e artificial servirá de suplemento.

ABSTRACT

Natural ventilation should be considered since the initial conception of the building. Its efficiency depends on the knowledge of the basic criteria of natural ventilation; through difference of pressure and stack effect. In hot humid climates, the form of the building and its components are fundamental to achieve efficient natural ventilation and adequate protection against direct sun insolation. A good location as well as a correct distribution of the hospital program is also necessary. The text highlights the existence of naturally ventilated transition areas (gardens and water fountains) between the interior and exterior of the building. These transition areas makes the thermic sensation of people who enter air-conditioning areas more comfortable, and at the same time prevents thermic shocks. The objective of this article is to show, through the Fortaleza Sarah Kubitschek hospital, created by the architect João Filgueiras Lima, Lelé, the advantages of natural ventilation; a bioclimatic strategy to get necessary comfort in hot humid climates. Special areas have to comply with standards of humidity, temperature and pressure. On the other hand, flexible areas don't require such strict control, requiring nevertheless, only thermal comfort. It's concluded that the distribution of hospital programs can be realized considering special areas and flexible areas, guaranteeing the necessary comfort with natural ventilation, utilizing mechanic and artificial ventilation only when needed.

1. INTRODUÇÃO

Do total da energia produzida no Brasil, 42% é utilizada por edificações residenciais, comerciais e públicas, sendo a iluminação e o ar condicionado os principais responsáveis por grande parte do consumo energético nesse setor. Se os arquitetos e engenheiros tivessem mais conhecimento sobre eficiência energética no projeto de arquitetura ou da especificação de materiais e equipamentos, este percentual poderia ser reduzido; além de evitar a necessidade de maior produção elétrica no país, o que seria benéfico aos usuários, tanto pela economia nos custos da obra, bem como no consumo de energia (LAMBERTS *et al*, 1997).

No presente trabalho pretende-se ilustrar, por meio do hospital Sarah Kubitschek Fortaleza, do Arquiteto João Filgueiras Lima, as vantagens da ventilação natural como estratégia bioclimática para a obtenção do conforto térmico em climas quente-úmidos.

Nas obras de João Filgueiras Lima, Lelé, observam-se soluções bioclimáticas que favorecem o conforto ambiental térmico e minimizam o consumo energético das edificações. Cada uma das soluções propostas pelo arquiteto procura o conforto térmico dos usuários por meio passivos, tais como: ventilação e resfriamento evaporativo. Priorizar ventilação e iluminação naturais é característica presente em suas diversas obras: escolas, centros de vivência, elementos para infra-urbana, mobiliário urbano e hospitais; construções que vão da robusta pré-fabricação, passando pelas delgadas peças de argamassa armada, às atuais estruturas em aço.

Tais soluções arquitetônicas, em constante aprimoramento, evidenciam a preocupação de Lelé com o conforto ambiental. Dentre suas obras, destacar-se-á a Rede de Hospitais Sarah, pois ela ilustra essa constante preocupação e coerente evolução nas propostas bioclimáticas, além de estar “integrada ao clima e à tradição local, e com baixo consumo de energia convencional” (CORBELLA e YANNAS 2003).

A ventilação natural é uma eficiente opção de projeto para regiões com clima tropical ou quente-úmido garantida pela conjugação dos seus princípios básicos: diferença das pressões causadas pela dinâmica dos ventos e diferenças térmicas (efeito chaminé) do meio; devendo, a mesma, ser considerada em todo o processo do projeto, inclusive na concepção. Destaca-se ainda a ventilação natural, pois, além de melhorar o conforto térmico e a qualidade do ar interno, promove a troca térmica da estrutura do edifício, resfriando-o e diminuindo os gastos de energia com sistemas de climatização artificial. Essa proposta vai ao encontro de diversos estudiosos, a saber: Camous e Watson (1986), Evans e Schiller (1994), Olgyay (1998), Allard (1998) e Rivero (1985).

Em hospitais, a ventilação natural atinge outro patamar de importância se comparada com edifícios comerciais ou residenciais, pois naqueles são exigidos altos níveis de assepsia. Segundo Lima (2003): “generalizar o ar condicionado cria uma despesa constante e, gera um problema pior para o hospital, já que ambientes herméticos são a condição ideal para a proliferação das bactérias patogênicas, que se reforçam na medida em que começam a conviver com antibióticos”.

Diante disso, refletir-se-á sobre a ventilação e a iluminação naturais na Rede de Hospitais Sarah conforme citado anteriormente. Neste, os sistemas de ventilação naturais priorizam ventilação vertical, ou seja, o ar entra pelas galerias de manutenção, passa nos ambientes acima e, posteriormente, é extraído pelas bocas dos *sheds*. Para garantir a eficiência do sistema, na maioria dos hospitais da Rede, os *sheds* estão posicionados de maneira a conjugar o efeito de sucção com o efeito chaminé. Segundo Bittencourt (2006), os *sheds* são mais eficientes quando funcionam como saída do ar, porque a média da velocidade de ar interna pode ser aumentada em cerca de 40% (GANDEMER *et. al.*, 1989 *apud* BITTENCOURT *et. al.*, 2006).

Em programa hospitalar, circulação de pacientes, equipes médicas e funcionários têm de ser bem equacionada para evitar infecção hospitalar, evitando assim cruzamento de fluxos incompatíveis. Portanto, a infra-estrutura do edifício (tubulações de gases medicinais, água, esgoto, elétrica, pluvial) deverá estar bem resolvida de modo a garantir o bom funcionamento do edifício, devendo ser considerada também a flexibilidade construtiva a fim de permitir ampliações futuras e alterações de layout.

Os hospitais da Rede Sarah, em sua maioria, têm programas extensos, isto é, edificações na média que vão até 25.000 m². As soluções arquitetônicas da Rede, propostas por Lelé, estão determinadas por critérios e diretrizes de projeto relativo à flexibilidade e extensibilidade da construção, criação de espaços verdes, flexibilidade das instalações, padronização de elementos da construção, iluminação natural e conforto térmico dos ambientes (LATORRACA, 2000). Demais, a assepsia é o fator principal que determina as escolhas de projeto, quanto às soluções arquitetônicas (forma dos dispositivos) e a zonificação do programa hospitalar.

Para evitar o hermetismo dos ambientes e os problemas ocasionados pela manutenção dos sistemas climatizados artificialmente, Lelé propõe hospitais abertos, visto que o sistema de ar-condicionado, além de ser muito caro, representando 30% do custo total da obra, excedendo ainda com gastos com manutenção e consumo elétrico desse sistema. No hospital Sarah Salvador, a média mensal do consumo energético, sem a utilização de ar-condicionado, é de R\$ 90.000,00. Se, no entanto, o hospital fosse totalmente climatizado seria de aproximadamente R\$ 600.000,00, 6 vezes maior. Ainda por cima, o hospital aberto torna-se a melhor solução para diminuir a infecção hospitalar e brindar ambientes agradáveis para a recuperação (LIMA, 2003, 2006). Esse aspecto acaba por ser uma justificativa a mais para a escolha dos hospitais da Rede Sarah como objetivo de estudo, dado que eles possuem integração dos espaços a jardins internos¹.

2. OBJETIVOS

Ilustrar por meio do hospital Sarah Kubitschek Fortaleza, do Arquiteto João Filgueiras Lima, as vantagens da ventilação natural como principal estratégia bioclimática para a obtenção do conforto térmico em climas quente-úmidos.

2.1 Objetivos Específicos

- Destacar no programa hospitalar dois ambientes: flexíveis (ventilados naturalmente) e especiais (ventilados artificialmente); de acordo com sua natureza e exigências técnicas;
- Evidenciar a setorização de programa hospitalar em ambientes flexíveis e especiais enquanto estratégia de projeto;
- Demonstrar a interação da ventilação natural com a mecânica e artificial.
- Priorizar a ventilação natural como organizador do edifício, principalmente em programa complexo e extenso, enfatizando os hospitais da Rede Sarah.

3. METODOLOGIA

No presente trabalho, teve-se como metodologia: leitura de plantas dos hospitais da Rede Sarah (Salvador, Fortaleza e Rio de Janeiro), estudo da organização dos ambientes em relação aos ventos, características do terreno, forma e orientação do edifício, aberturas e sistemas de ventilação. E por último, entrevista com o arquiteto João Filgueiras Lima para análise conjunta. Estas etapas encontram-se a seguir, descritas e ilustradas por médio do Hospital Sarah Fortaleza.

4. ANÁLISE DO HOSPITAL SARAH KUBITSCHEK FORTALEZA:

Para garantir uma eficiente ventilação natural é importante considerar aspectos relativos ao local (variáveis climáticas), ao desenho do edifício (orientação e forma), ao programa e as aberturas os quais são bem ilustrados no hospital Sarah Fortaleza.

4.1 Análises do Local e das Características do Terreno.

¹ Nos hospitais da Rede, as áreas verdes, contíguas às circulações, articulam os diversos espaços. Nas áreas de estacionamento dos hospitais utiliza-se “uni-grama”, em outras palavras, material de concreto com vazamentos preenchidos com grama. Esse material proporciona áreas permeáveis, diminuindo os problemas de drenagem de água, produto das constantes chuvas. A uni-grama, além de proporcionar uma textura interessante nas áreas contíguas a jardins, minimiza a radiação de calor nas áreas externas expostas a incidência solar direta.

de iluminância externa de 120,000 lux. Certamente, a ventilação vertical proposta por Lelé, com insuflamento na parte inferior e subtração na parte superior, reduz a disseminação das bactérias ao longo do hospital.

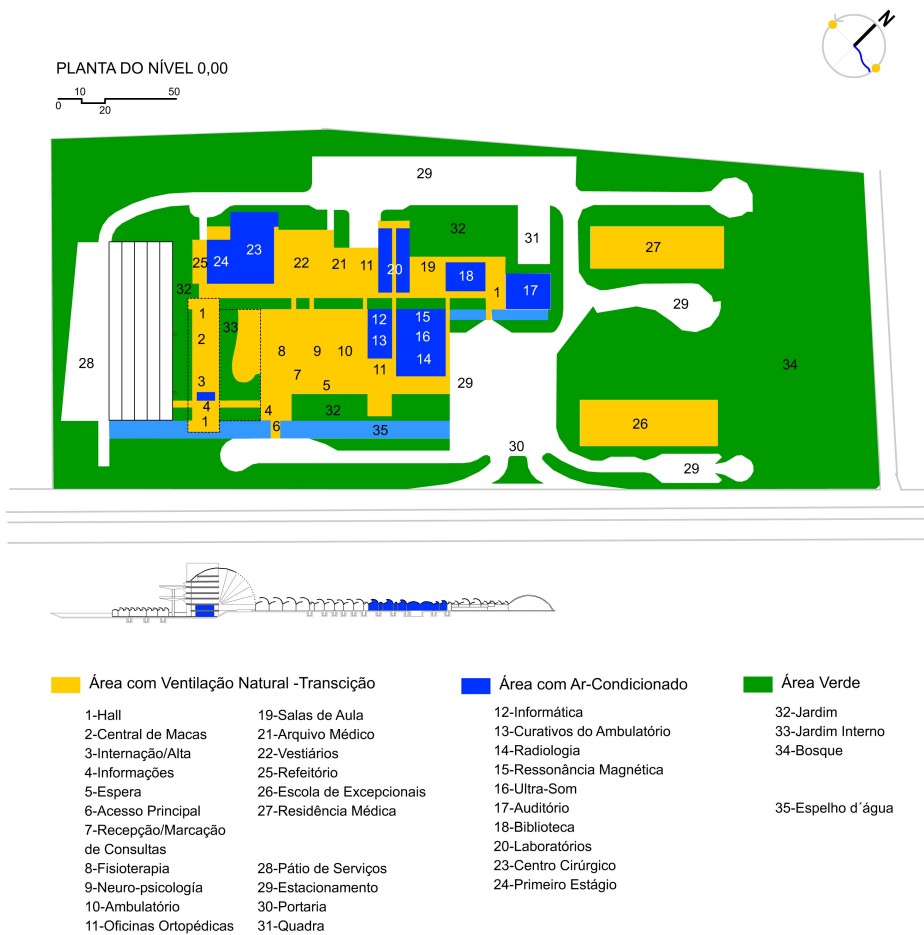


Figura 3 - Planta de Setorização Nível 0.00 – Ambientes Especiais e Ambientes Flexíveis.

4.4 Setorização dos Ambientes

A setorização de programa hospitalar pode ser realizada a partir de suas exigências técnicas, no tocante a iluminação, temperatura, umidade relativa, diferencial de pressão, assepsia, entre outras variáveis determinadas pela natureza do ambiente – uso e ocupação, o que possibilita melhor garantia de funcionamento dos equipamentos e evita a infecção hospitalar. No entanto, existem outros ambientes onde esses níveis não são tão rigorosos, sendo a ventilação natural uma opção para melhorar o conforto térmico e a qualidade do ar. Os ambientes hospitalares, do ponto de vista da ventilação natural, podem ser organizados em dois grandes grupos: ambientes especiais e ambientes flexíveis.

4.4.1 Ambientes Especiais

Nos ambientes especiais existem níveis rigorosos de temperatura, umidade relativa, qualidade e pressão do ar, importantes para manter a assepsia e o bom funcionamento dos equipamentos. Em centros cirúrgicos, salas de isolamento, salas de preparação de medicamentos, laboratórios, entre outros, a manutenção dessas variáveis é fundamental para evitar a transmissão de infecções pelo ar. Segundo Sterling (1985, *apud* PEREIRA E TRIBESS, 2004), “A taxa de umidade relativa aceitável é entre 40% e 60% e de temperatura entre os 25 graus”. Os níveis de pressão auxiliam no controle das infecções por meio de agentes patogênicos presentes no ar. Pode-se ainda criar um diferencial de

pressão (positiva e negativa) entre os ambientes, controlando o ar de insuflamento e exaustão, que determinará o fluxo das correntes de ar, evitando-se assim a passagem do ar contaminado para outros setores do hospital. Por outro lado, nas salas de radiologia, raios-X, farmácias e ultra-som, poucas oscilações de temperatura e umidade garantirão o bom funcionamento dos equipamentos. Nesses ambientes, o ar condicionado se justifica pela necessidade de manutenção e controle dos níveis de temperatura e umidade relativa.

4.4.2 Ambientes Flexíveis

Nos ambientes flexíveis, as exigências de ventilação atendem principalmente ao conforto térmico, porém a temperatura e a umidade relativa são menos estandarizadas, por certo sem deixar de atender os níveis de assepsia. Com a intenção de diminuir o contágio por partículas presentes no ar, Lelé tem proposto a ventilação vertical que, ao contrário da ventilação cruzada, evita o transporte de bactérias pelos diversos ambientes do hospital. Esse sistema, proposto em vários hospitais da rede, consta de galerias por onde o ar é insuflado (Figura 04 e 05) por baixo das salas e retirado pela parte superior dos *sheds*, graças ao diferencial de pressão nas galerias (pressão positiva) e nas salas (pressão negativa), somado ao efeito chaminé (Figura 07).

Nos hospitais construídos por Lelé, os ambientes flexíveis estão sempre adjacentes a jardins e a espelhos d'água, pois estes amortecem a radiação solar e, conseqüentemente, evitam o rápido aquecimento do ar. Ao mesmo tempo, os jardins internos favorecem a integração do paciente as áreas externas de reabilitação². Os ambientes flexíveis servem também de transição entre áreas ventiladas artificialmente e áreas com ventilação natural. Conforme dito anteriormente, a setorização do hospital Sarah Kubitschek Fortaleza ilustra esses aspectos, pois o clima de Fortaleza favorece a ventilação natural como principal estratégia de conforto ambiental. Daí 80% dos ambientes do hospital ser ventilados e iluminados naturalmente. Ainda mais, a localização da área de espera, do salão de fisioterapia e das enfermarias, atende à direção dos ventos dominantes.

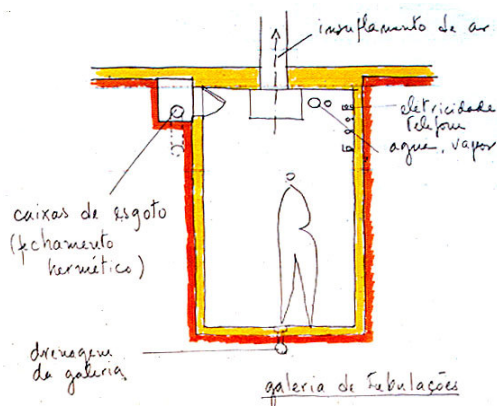


Figura 4 - Corte esquemático da galeria de manutenção.



Figura 5 - Vista dos difusores de ar no ambulatório (passagem do ar das galerias para os ambientes).

A tipologia característica da maioria dos hospitais da Rede Sarah é a horizontal³. Essa tipologia, além de permitir uma maior integração entre os ambientes e favorecer futuras expansões, é a que mais

² As características do hospital exigem e possibilitam complementação terapêutica, pela própria conceituação de treinamento dos técnicos, assim doentes (*out-patients* e *in-patients*) têm acesso fácil a espaços verdes adjacentes às áreas de tratamento e internação, permitindo administração de exercícios ao ar livre” (LATORRACA, 2000).

³ A tipologia horizontal, por se tratar de hospitais específicos para o aparelho locomotor, caso da Rede Sarah, permite que exercícios terapêuticos sejam realizados em espaços abertos e jardins externos, sendo essa disposição a mais indicada para os tratamentos.

favorece ventilação natural. Lelé destaca que a tipologia horizontal é menos desarticuladora, já que a interligação entre áreas e funcionários é contínua. Assim, os ambientes contíguos possibilitam uma eficiente interação entre pacientes e equipe médica, além do contato direto com o exterior, com jardins, espelhos de água e áreas para recuperação e fisioterapia.

O hospital Sarah Fortaleza está organizado da seguinte forma: no bloco vertical; estão os apartamentos e as enfermarias⁴, com circulação periférica, uma para médicos e pacientes e outra para o público. No bloco horizontal, nível térreo, estão ambulatórios, fisioterapia, sala de gesso, oficina de ortopedia, raios-X, centro cirúrgico, laboratório, primeiro estágio de tratamento e, com acesso independente, a biblioteca e o centro de criatividade. No subsolo estão os serviços gerais e as centrais de rebaixamento, ar condicionado e material. Em diversos aspectos, portanto, esse hospital é o melhor exemplo de um conjunto de hospitais que o antecederam devido ao sistema de ventilação por galerias, ao sistema construtivo (misto), ao funcionamento das enfermarias, entre outros.

4.5 Aberturas

Embora as oscilações de velocidade, direção e frequência sejam as principais características do vento, o projeto arquitetônico pode tomar partido dessa instabilidade gerando ambientes mais dinâmicos, produto da sensação de conforto gerada pela passagem do vento sobre a pele. A localização, dimensão e orientação das aberturas, assim como o adequado sombreamento, são fundamentais para uma eficiente ventilação, potencializando ainda relação com o exterior; como se percebe na área de fisioterapia (ginásio coberto) do hospital Sarah Fortaleza. Este local favorece a recuperação fisco-psicológica dos pacientes, permitindo forte contato com a natureza e evita espaços menos enclausurados. Para isto são utilizados *brises*, painéis de Athos Bulcão, painéis com lamelas e os recentes sistemas mecanizados de controle de abertura.

4.5.1 Sistemas Flexíveis de Fechamento - Cobertura Metálica do Jardim Interno

No ginásio são realizados exercícios de reabilitação física e atividades recreativas. Construíram-se áreas de reabilitação com piscinas, jardins, entre outros equipamentos adequados para interação dos pacientes. Todas as áreas de convívio e sociabilização encontram-se voltadas para o ginásio. A grande cobertura com *brises* protege a varanda das enfermarias da radiação solar direta e possibilita uma interessante relação espacial e de integração, apenas visual, entre as enfermarias e a área do ginásio⁵.

A grande cobertura em arco está formada por vigas de metal apoiadas nos pilares periféricos da área de fisioterapia. Lâminas de metal apoiadas às vigas permitem a ventilação dos ambientes e funcionam como *brises*, protegendo o jardim interno da radiação solar direta e da chuva. Sistemas mecanizados de controle de abertura são interessantes para facilitar o manuseio. No caso dessa cobertura, seria quase impossível controlar manualmente a inclinação dos *brises*. Nas enfermarias sistemas similares foram utilizados para facilitar o controle de abertura da caixilharia dos *sheds*, desenvolvidos a partir de um mecanismo muito simples: “Um motor de janela de carro tem feito milagres em todos os sistemas mecanizados propostos para os hospitais” (LIMA, 2005). A mecanização nos sistemas de fechamento é cada vez mais empregada pelo arquiteto, como no Hospital Sarah Rio de Janeiro (ainda em construção) que possui forro de painéis de policarbonato e os arcos flexíveis.

4.6 Sistema de Ventilação

Atendendo os princípios da ventilação natural foram desenvolvidos dois sistemas de ventilação que podem operar simultaneamente: o de convecção em que o ar frio é injetado por meio das galerias de ventilação do subsolo, com aberturas favorecendo o efeito de sucção (a favor dos ventos dominantes) e o de ventilação cruzada por ambiente com aberturas voltadas em sentido oposto. A

⁴ O bloco de enfermarias teve que ser verticalizado e, conseqüentemente, o sistema de ventilação vertical, proposto por Lelé, ideal para esses ambientes, não foi possível. Deste modo, para minimizar a disseminação das bactérias, produto da ventilação cruzada, O arquiteto optou-se por enfermarias mais estreitas (de aproximadamente 8m de largura), com apenas três leitos, em seqüência, semelhante à dos hospitais São Luiz e Salvador. As duas circulações se desenvolvem respectivamente nas varandas, ao longo das duas fachadas (NO e SE) principais do prédio.

⁵ Quando acontecem atividades recreativas, o corredor das enfermarias transforma-se numa espécie de “camarote”. Lelé destaca que “é importante que os pacientes possam assistir principalmente às sessões de reabilitações e reuniões”, já que “[...] levam sempre artistas e todos podem assistir das galerias como se fossem nas frisas de um teatro” (LIMA, 2003).

eficiência desse sistema poderá ser eventualmente aumentada com o emprego de equipamento mecânico de exaustão ou insuflamento, localizado na abertura do *shed*. O sistema de convecção merece especial atenção devido ao funcionamento das galerias de ventilação.

4.6.1 Galerias de Ventilação⁶

O calor ganho nas edificações depende da condutividade e da capacidade térmica das superfícies externas (RIVERO, 1986). As superfícies externas se aquecem e, conseqüentemente, por radiação de onda longa, evaporação e convecção, elevam a temperatura da camada de ar próxima à edificação. Esse aumento da temperatura do ar dependerá do tipo da superfície externa (asfalto, concreto, grama, terra ou água). Para reduzir a temperatura do ar que entra nos ambientes o arquiteto utiliza a refrigeração evaporativa⁷. Na frente das galerias, existe um espelho de água o qual serve de amortecedor térmico. Ao mesmo tempo, na frente das bocas de captação de ar, encontram-se nebulizadores que expõem água, refrescando o ar, e filtram as partículas de poeira. A presença de água diminui a temperatura das partículas de ar, melhorando a eficiência do sistema de ventilação por meio de galerias.

O sistema de ventilação do hospital Sarah Fortaleza opera seguindo o princípio da convecção em que o ar frio entra por baixo do edifício (pelas bocas das galerias de ventilação) e sai pelos *sheds*, posicionados no sentido contrário dos ventos provocando o efeito de sucção. O edifício e, conseqüentemente, as galerias de ventilação, estão posicionados perpendicularmente aos ventos dominantes a mais ou menos 30 graus de inclinação com a normal. Essa posição permite a captação dos ventos que oscilem entre 3 e 9 m/s. Na ausência de ventos ou quando estão abaixo da média, as galerias de ventilação possuem grandes ventiladores que insuflam o ar para dentro do edifício, garantindo a vazão de ar necessária.

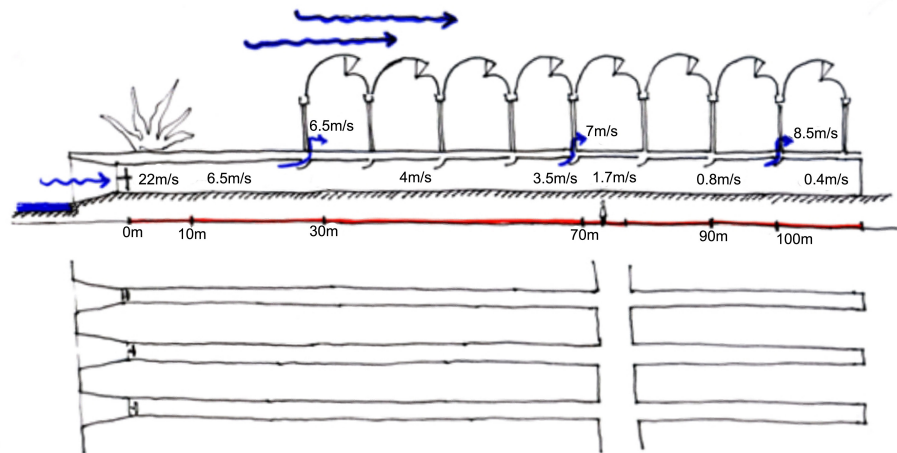


Figura 6 - Corte e planta esquemática das galerias de ventilação

⁶ Além de formar parte do sistema de ventilação, as galerias servem como fundações do edifício e para manutenção da infraestrutura, pois nelas correm todas as tubulações de água, vapor, eletricidade, telefonia e esgoto.

⁷ A refrigeração evaporativa é uma opção alternativa para minimizar o calor, produto das altas temperaturas, nas regiões de clima quente. Givone (1994) afirma que por meio da evaporação da água pode-se diminuir a temperatura do ar. O ar proveniente do exterior, ao passar por dispositivos que aumentem sua umidade relativa, sofrerá uma queda de temperatura, melhorando as condições de conforto dentro da edificação. A refrigeração evaporativa é um método que aumenta a sensação de conforto, da mesma forma que o vento na ventilação natural. Porém, ao propor sistemas para melhorar o conforto nos ambientes de um edifício, é conveniente conjugar os princípios da refrigeração evaporativa com a ventilação natural.

O diferencial de pressão de ar entre ambientes é importante para garantir o fluxo de ar dentro da edificação. As galerias de aproximadamente 75 metros de comprimento possuem bocas de saída do ar permitindo que este passe para dentro dos ambientes do hospital. Dentro das galerias acontece um fenômeno que é interessante. Isto porque, na entrada das mesmas, com o ventilador ligado, a velocidade do vento é elevada a aproximadamente 22 m/s. A mesma diminui gradualmente até o fim da galeria, onde a velocidade é quase imperceptível; aproximadamente 0,4 m/s. O contrário acontece com a pressão do ar. O fluxo do ar, das galerias para os ambientes, é garantido pela pressurização das galerias. Assim, no começo das galerias o ar passa para dentro dos ambientes com uma velocidade de 6.5 m/s. No entanto, no final das galerias, a velocidade de entrada nos ambientes é de 8.5 m/s (Figura 06 pagina anterior).

4.6.2 Sistema de Condicionamento Artificial do Ar

O sistema de condicionamento artificial do ar atende aos ambientes especiais: centro cirúrgico, internação, central de materiais esterilizados, informática, curativos do ambulatório, radiologia (ressonância magnética, raios-X, tomografia computadorizada, ultra-som, circulação de pacientes, circulação de técnicos, laudos/estudo de casos), laboratório (imunologia, análises clínicas, patologia cirúrgica, agência transfusional), biblioteca, auditório, farmácia, *no break* e, devido à desfavorável localização, o bloco administrativo (diretoria, administração, setor de pessoal, recursos humanos e outras). O setor administrativo encontra-se abaixo do nível térreo, no nível -2.70.

O sistema utiliza o ar das galerias, condicionado a uma temperatura de 23°C em média e a uma umidade relativa de aproximadamente 60%. A pressão das salas é produzida por uma defasagem entre o fluxo de entrada e o fluxo de saída, sendo, porém, mais rigorosas nas salas em que existem níveis de assepsia mais altos (salas cirúrgicas). Nestas são mantidas pressões positivas (pressões internas acima da pressão externa). Sensores de umidade relativa e temperatura do ar estão normalmente instalados no duto de retorno, com o intuito de medir a resultante, após todas as trocas térmicas que naturalmente aconteceram no ambiente da sala. Já o sensor de pressão, que na verdade funciona como um pressostato diferencial medindo a pressão interna e externa e indica quando o diferencial entre elas atingiu o nível desejado, é instalado no duto de entrada com a função de indicar efetivamente se existe fluxo de ar no duto. O sistema utiliza o ar insuflado pelas galerias de ventilação. Dependendo da temperatura, a ventilação mecânica é ativada, sem precisar ligar o sistema de ar condicionado. Dessa forma existe uma interação entre ventilação natural e a mecânica e artificial.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A ventilação natural, quando viável, deve ser priorizada como organizador do edifício e desde a concepção do projeto. Em hospitais observam-se, principalmente, os ambientes flexíveis (ventilados naturalmente) e os especiais (ventilados artificialmente), considerando sua natureza e exigências técnicas. Consequentemente, a setorização do programa em ambientes flexíveis torna-se uma ótima estratégia, visto que permite a interação da ventilação natural com a mecânica e artificial. Tal proposta pode ser realizada mesmo com um programa complexo, caso do hospitalar, e em clima rigoroso – quente e úmido; conforme demonstrado pela obra de João Filgueiras Lima - Hospital Sarah Kubitschek Fortaleza, ilustrados e analisados no decorrer deste trabalho.

O referido arquiteto propõe como opção hospitais abertos, já que estes evitam hermetismo de ambientes e problemas ocasionados pela manutenção de sistemas climatizados artificialmente, além de reduzirem consideravelmente o consumo energético. Outro aspecto fundamental determinante por esta escolha refere-se a questões de assepsia. Com toda certeza, hospitais abertos diminuem a infecção hospitalar e são mais agradáveis para a recuperação (LIMA, 2003 e 2006).

Nessa linha de pensamento, Lelé tem proposto a ventilação vertical - insuflamento do ar pelas galerias de ventilação (ou piso técnico) e sua retirada pela parte superior de *sheds* – que, ao contrário da ventilação cruzada, evitam a disseminação de vírus em todos os ambientes. Edifícios horizontais com ventilação vertical têm sido a diretriz dos hospitais da Rede Sarah, todos com arquitetura similar ao de Fortaleza aqui evidenciado.

Portanto, a ventilação natural torna-se uma eficiente opção para diversas edificações devido à economia nos custos da obra, no consumo de energia e, sobretudo, na humanização dos ambientes.

6. BIBLIOGRAFIA

- ALLARD, F. (1998). *Natural ventilation in buildings: a design handbook*. London: James & James.
- BITTENCOURT, L.S.; CÂNDIDO, C. (2006). *Introdução à ventilação natural*. Maceió: edufal.
- CAMOUS, R.; WATSON, D. (1986). *El habitat bioclimático: de la concepción a la construcción*. México: Gustavo Gili.
- CORBELLA, O., YANNAS, S. (2003). *Em busca de uma arquitetura sustentável para os trópicos: conforto ambiental*. Rio de Janeiro: Revan.
- EVANS, M.; SCHILLER, S. (1994). *Diseño bioclimático y arquitectura solar*. Buenos Aires: FADU-UBA.
- GIVONE, B. (1994). *Passive and low energy cooling of buildings*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- GOULART, S.V.G.; LAMBERTS, R.; FIRMINO, S. (1997). *Dados climáticos de 14 cidades brasileiras para projeto e avaliação de sistemas de ar condicionado*. Florianópolis: Núcleo de Pesquisas em Construção da UFSC.
- LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; FERNANDO, O.R. (1997). *Eficiência energética na arquitetura*. São Paulo: PW.
- LATORRACA, G. (1999). *João Filgueiras Lima, Lelé*. Lisboa: Blau; São Paulo: Instituto Lina Bo e P.M.Bardi.
- LIMA, J. F. (2003) “Arquitetura, Estrutura e Construção”. Curso ministrado nos dias 30 de Julho, 1 e 2 de agosto, no anfiteatro Jorge Caron, EESC-USP. Transcrição: Jorge Isaac Perén.
- LIMA, J.F. (2005). *João Filgueira Lima: entrevista*. [jul. 2005]. Entrevistador: Perén, Jorge Isaac. Salvador:CTRS.
- LIMA, J.F. (2006). *João Filgueira Lima: entrevista*. [fev. 2006]. Entrevistador: Perén, Jorge Isaac. Salvador:CTRS.
- MIQUELIM, L.C. (1992). *Anatomia dos edifícios hospitalares*. São Paulo: Cedas.
- OLGYAY, V. (1998). *Arquitectura y clima: manual de diseño bioclimático*. Barcelona: Gustavo Gili.
- PEREIRA, M.L.; TRIBESS, A. (2004). “Estratégias de controle de agentes patogênicos transmitidos pelo ar em ambientes hospitalares.” In: *Congresso De Ar Condicionado, Refrigeração, Aquecimento E Ventilação Do MERCOSUL – Mercofrio*, 11., 2004, Curitiba. Anais... Curitiba: [s.n.]. 1 CD-ROM.
- PERÉN, J. I. (2006). *Ventilação e iluminação naturais na obra de João Filgueiras Lima, Lelé: estudo dos hospitais da rede Sarah Kubitschek Fortaleza e Rio de Janeiro*. Dissertação (Mestrado) em Arquitetura e Urbanismo. Área de Concentração: Tecnologia da Arquitetura e Urbanismo – Escola de Engenharia de São Carlos.
- RIVERO, R. (1985). *Acondicionamento térmico natural: arquitetura e clima*. Porto Alegre: Ed.da Universidade.
- SEGAWA, H. (1995). *Tecnologia com sentido social*. Projeto, São Paulo, n.187, p.60, jul.