

ESTUDO DA VENTILAÇÃO NATURAL NA UFAL ATRAVÉS DE SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL

Luciana Karla de Oliveira Peixoto (1); Leonardo Salazar Bittencourt (2)

(1) Universidade Federal de Alagoas/ Centro de Tecnologia/ PRODEMA
Lot. Stella Mares, q. 32, nº 105, Jatiúca. CEP 57020-970. Maceió/AL
Fone: (0xx82) 235-3669 Fax: (0xx82) 327-6357
e-mail: lupeixoto@hotmail.com

(2) Universidade Federal de Alagoas/ Centro de Tecnologia/ Depto. de Arquitetura e Urbanismo
Campus A C Simões, Tabuleiro do Martins. CEP 57072-970. Maceió/AL.
Fone: (0xx82) 214 1282 Fax: (0XX82) 214 1625
e-mail: lsb@ctec.ufal.br

RESUMO

A crise energética de 2001 levou a população brasileira a reavaliar seu modo de consumir energia. No caso das edificações, observou-se que a adoção de padrões arquitetônicos inadequados ao clima regional causava um considerável desperdício. Esse trabalho objetiva analisar o comportamento da ventilação natural em salas de aula da Universidade Federal de Alagoas e propor soluções arquitetônicas para melhor aproveitamento da ventilação natural, gerando maior conforto térmico para os usuários e, como consequência, o aumento da eficiência energética. Foram realizadas simulações computacionais com o auxílio do *software* PHOENICS 3.3, baseado na *CFD (Computational Fluid Dynamics)*, para comparar o desempenho da ventilação natural em dois prédios distintos: um que foi construído sem considerar adequadamente as características climáticas do sítio e outro cujo projeto considerou os requisitos para sua adequação ao clima quente e úmido. As simulações contribuíram ainda para a elaboração das propostas de intervenção, facilitando a comparação das vantagens adquiridas com os resultados obtidos nas primeiras simulações.

ABSTRACT

The 2001 energy crisis led Brazilian people to evaluate their actual energy use standards. In the case of buildings, inadequate architectural standards have led to significant energy waste. This paper examines natural ventilation performance of existing classrooms at Universidade Federal de Alagoas and proposes retrofits that would improve air distribution patterns and increment its average velocity, aiming to achieve thermal comfort and increase energy efficiency as a consequence. Computer simulations using a *CFD (Computational Fluid Dynamics)* software were used to compare ventilation performance in two different buildings. The first one was constructed without proper consideration to the local climate. The second one considered the need to design the building in order to meet the demands of the local warm humid climate. Simulations were used to analyse the ventilation performance of existing buildings configuration, as well as to examine the performance of proposed alterations in the openings configuration.

1. INTRODUÇÃO

Em regiões de clima quente e úmido, a ventilação natural, associada a uma boa proteção solar, constitui o meio mais eficiente para se atingir o conforto térmico com baixo consumo de energia elétrica. Nessas regiões, as oscilações de temperatura entre o dia e a noite são pequenas e o grau de umidade do ar é elevado. A ventilação natural possui, então, duas finalidades complementares. A primeira é resfriar a estrutura da edificação, aquecida pela radiação solar e por ganhos internos de calor. A segunda é obter o chamado resfriamento fisiológico através da evaporação do suor e das trocas de calor por convecção, quando correntes de ar entram em contato com o corpo humano. Este efeito é particularmente importante nas regiões quentes e úmidas, onde o suor é geralmente a principal queixa em relação ao desconforto térmico.

Em Maceió e, particularmente, no Campus da Universidade Federal de Alagoas, o potencial de ventilação natural é bastante elevado, podendo garantir resultados satisfatórios, se bem utilizado como recurso para a obtenção de ambientes termicamente confortáveis.

Os resultados das investigações aqui apresentadas fazem parte de um linha de pesquisas que visa produzir informações no sentido de auxiliar os projetistas a melhor adaptar os edifícios ao meio climático em que se inserem e, em particular, a explorar mais adequadamente o potencial da ventilação natural enquanto recurso de resfriamento para climas quentes e úmidos. Para tal, a utilização dos programas da Mecânica dos Fluidos Computacional (*Computational Fluid Dynamics-CFD*) tem se revelado como importante ferramenta para os estudos da ventilação natural (ALANDARI, 1991), (IAU e WHITLEY, 1991).

2. OBJETIVO

Através da avaliação comparativa do desempenho térmico distinto entre um prédio projetado com a preocupação de adequar-se às características do clima quente e úmido de Maceió (bloco do Centro de Tecnologia – CTEC – da UFAL) e um outro prédio implantado sem a mesma preocupação (bloco onde funciona o curso de Matemática, também da UFAL), pretendeu-se analisar o desempenho da ventilação natural nesses edifícios e propor soluções para melhorar seu aproveitamento.

3. METODOLOGIA

A metodologia utilizada para a realização desse trabalho foi dividida em duas fases: diagnósticos e propostas de intervenção. Em ambas, foi utilizado o programa computacional PHOENICS 3.3, para a análise do desempenho da ventilação natural, no interior dos ambientes.

A partir dos problemas encontrados, foram apresentadas propostas que visam melhorar o aproveitamento da ventilação natural nos ambientes internos. As simulações computacionais possibilitaram a comparação entre as vantagens obtidas, através das intervenções sugeridas, e as condições existentes.

3.1 A Área em Estudo

A Universidade Federal de Alagoas situa-se no bairro do Tabuleiro dos Martins. As características naturais de seu local de implantação, assim como o fato de existirem poucas construções no seu entorno, garantem velocidades do ar bastante razoáveis na altura dos edifícios (aproximadamente 3m/s).

O campus da UFAL é composto por diversos prédios, de diferentes configurações. Dentre as variadas tipologias construtivas encontradas, duas destacam-se pelo contraste das soluções arquitetônicas utilizadas. A primeira corresponde a projetos realizados considerando-se estratégias bioclimáticas que visam proporcionar adequado grau de conforto ambiental aos usuários – como é o caso da Reitoria e

dos blocos CTEC(Centro de Tecnologia) e CSAU (Centro de Ciências da Saúde). A segunda diz respeito a edifícios projetados para um ambiente com outro tipo de clima, como é o caso dos blocos de Química, Física e Matemática, por exemplo, que consistem em projetos elaborados para outra universidade, em Santa Maria/RS, e aproveitados em Maceió. Dois blocos específicos foram eleitos para representar aqueles de características semelhantes: o CTEC¹ representa os prédios cujos projetistas preocuparam-se com o conforto térmico enquanto o bloco de Matemática reproduz as condições dos projetos de Santa Maria, ambos possuindo a mesma orientação em relação aos ventos dominantes.

Os blocos de construção que compõem o CTEC são alongados e organizam-se nas orientações norte-sul e leste-oeste, formando amplos pátios, como demonstrado nas Figuras 1 e 2.

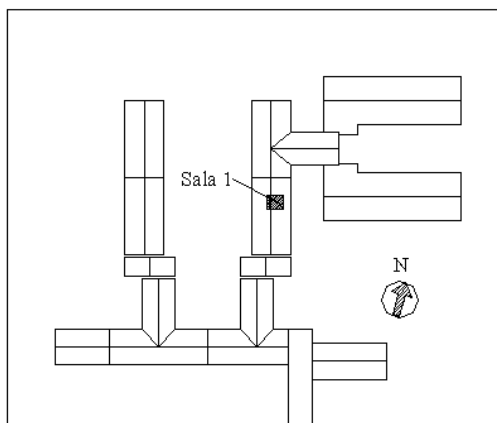
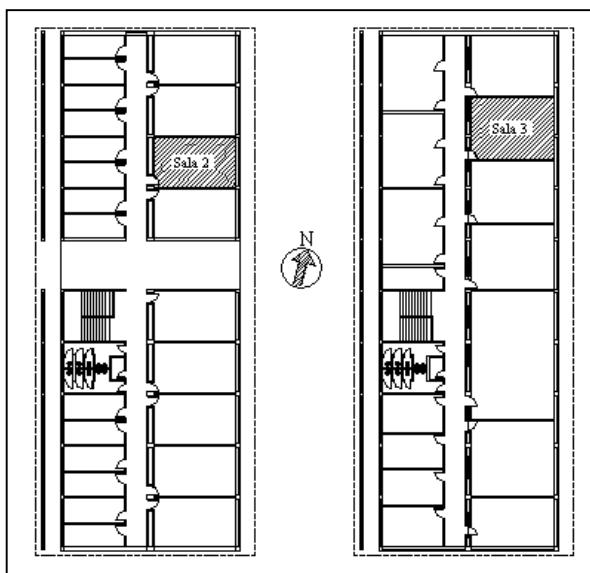


Figura 1: CTEC – Planta de Coberta – Destaque para sala analisada.



Figura 2: CTEC – Fachada Leste

Alguns desses blocos possuem apenas o piso térreo, enquanto outros apresentam dois pavimentos, Figura 2. A maioria das salas de aula e as salas administrativas dispõem-se no térreo, ao passo que o pavimento superior é reservado, principalmente, às salas de professores. Diversos elementos arquitetônicos compõem o CTEC de forma a proporcionar bons resultados em relação ao conforto térmico de seus usuários. Amplos beirais, varandas, cobogós e brises constituem bons exemplos.



O bloco de Matemática compõe-se por um único edifício retangular, cujas faces de maior extensão direcionam-se para leste ou oeste. Apresenta dois pavimentos, ambos cortados por uma ampla circulação longitudinal central, que divide o volume em duas alas: leste e oeste. De uma forma geral, a distribuição dos ambientes faz-se da seguinte maneira: salas de aula, biblioteca e laboratórios situados na ala leste, enquanto as salas de professores, administrativas, depósitos e banheiros, encontram-se na ala oeste. A Figura 3 mostra as plantas do bloco com as salas que foram estudadas representadas em hachura.

Figura 3: Bloco de Matemática – Plantas Baixas dos Pntos. Térreo e Superior, respectivamente.

Ao contrário do CTEC, o bloco de Matemática não dispõe de muitos elementos arquitetônicos que garantam um bom desempenho térmico do edifício, apresentando apenas um conjunto de cobogós dispostos na fachada oeste (poente), que protege o bloco da radiação solar direta, como ilustrado na Figura 4.

¹ Projeto realizado pelo arquiteto Adilson Costa Macedo.



Figura 4: Bloco de Matemática – Fachadas Leste e Oeste, respectivamente

3.2 Programa Computacional PHOENICS 3.3

Para examinar o comportamento da ventilação natural, utilizou-se o programa computacional PHOENICS 3.3, que é baseado na CFD (*Computational Fluid Dynamics*), cujos resultados têm sido validados por diversos pesquisadores (ALANDARI, 1991) (IAU e WHITLE, 1991). Os programas CFD são códigos de computador complexos, capazes de simular a dinâmica da maioria dos fluxos de ar e processos de transferência de calor (CHAM, 1989). Pelo método dos elementos finitos, problemas de dinâmica dos fluidos e transferência de calor são resolvidos através de equações que fazem uso dos princípios de conservação da massa, momento (quantidade de movimento) e energia térmica. Em que pesem as dificuldades de uso do PHOENICS (demanda intensiva de recursos computacionais e tempo das simulações) o programa se apresenta como de grande utilidade para investigações paramétricas relacionadas à ventilação natural, uma vez que permite observar, simultaneamente, a direção e velocidade do fluxo de ar em vários pontos dos ambientes estudados.

Para a construção dos modelos, foi considerada a direção sudeste do vento, por ser esta a incidência predominante no local de estudo.

4. DIAGNÓSTICO

Objetivando-se maior facilidade na análise do diagnóstico da área, esse item apresenta-se dividido em dois sub-itens, de acordo com cada edificação estudada.

4.1 CTEC

No interior das salas de aula do CTEC, o fluxo do ar atinge velocidades bastante razoáveis, chegando a se igualar com a velocidade do vento no exterior (3 m/s), em alguns pontos. A sua distribuição pelo ambiente não é totalmente satisfatória, havendo locais onde o mínimo requerido para a obtenção do conforto térmico² não é atingido, como se pode observar nas figuras a seguir. As zonas de desconforto podem ser identificadas tomando-se como referência o vetor localizado no canto inferior esquerdo das figuras.

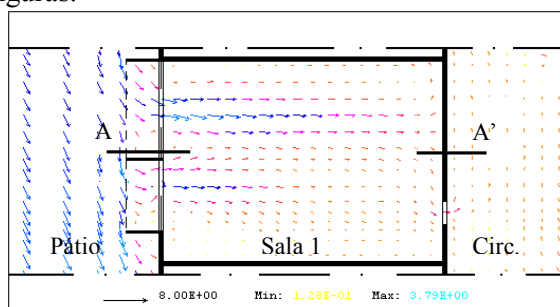


Figura 5: CTEC – Sala 1 – Planta Baixa

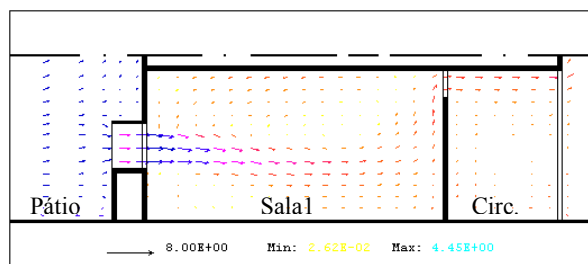


Figura 6: CTEC – Sala 1 – Corte AA'

² De acordo com BITTENCOURT (1993), o mínimo requerido para o verão é de 0,6 m/s.

4.2 Bloco de Matemática

Nas salas de aula do bloco de Matemática, a circulação do ar encontrada mostrou-se bastante insatisfatória devido, principalmente, à vedação das aberturas de saída do ar. O ar quente acumulado nas salas não pode ser substituído pelo ar mais fresco do exterior, tornando-se ainda mais quente pela absorção do calor das diversas fontes internas existentes no local (pessoas, equipamentos de iluminação e informática, etc.). A tipologia da janela do pavimento superior (báscula deslizante) dificulta ainda mais a entrada do vento, pois resulta em uma abertura efetiva muito pequena.

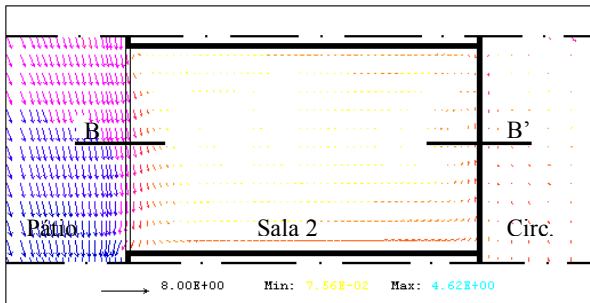


Figura 7: Bloco de Matemática – Sala 2 – Pl. Baixa

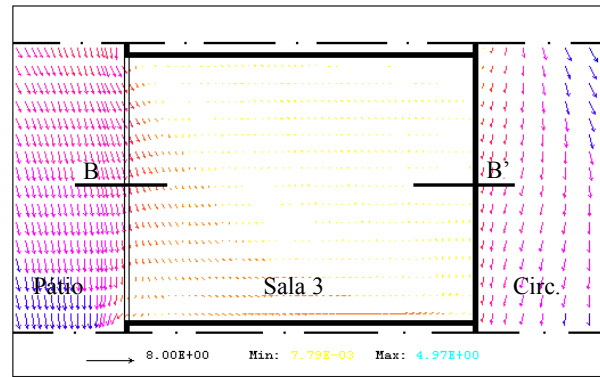


Figura 8: Bloco de Matemática – Sala 3 – Pl. Baixa

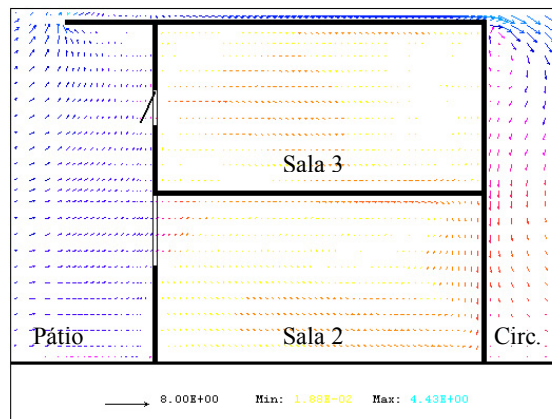


Figura 9: Bloco de Matemática – Salas 2 e 3 – Corte BB'

4.3 Comparações entre o CTEC e o Bloco de Matemática

Os resultados das simulações demonstram que a despreocupação com um bom desempenho da ventilação natural no bloco da Matemática acarretou um padrão de circulação de ar altamente deficiente no que tange à ventilação natural, requerendo o acionamento dos aparelhos de ar condicionado, ao longo de todo o ano, nos diversos períodos do dia. Enquanto isso, o bloco do CTEC permite o uso de várias de suas salas sem a necessidade de condicionamento mecânico, embora pudesse ter seu desempenho ainda melhorado.

5. PROPOSTAS DE INTERVENÇÃO

Procurou-se otimizar o uso da ventilação natural, precioso recurso bioclimático local, através da substituição de tipologias de esquadrias ineficientes por outras que aumentavam a intensidade do fluxo de ar no interior dos ambientes, bem como propiciavam melhores padrões de distribuição desse fluxo.

Os quadros dos itens que seguem resumem os problemas encontrados quando da realização do diagnóstico, assim como as modificações sugeridas com as respectivas justificativas.

5.1 CTEC

Nas salas de aula do CTEC, as intervenções propostas são mínimas, objetivando-se o máximo aproveitamento dos elementos arquitetônicos já existentes, que, embora adequados, ainda podem ser otimizados. O quadro abaixo relaciona os problemas encontrados na atual configuração do CTEC e as propostas de intervenção sugeridas, justificando a escolha.

Quadro 1: Problemas encontrados, propostas de intervenção e justificativas – CTEC

Elemento Arquitetônico	Problema Encontrado	Proposta de Intervenção	Justificativa
Janelas de correr	A máxima abertura permitida por esse tipo de esquadria corresponde a apenas 40% do vão total (de cinco folhas, apenas duas correm).	Substituição por janelas pivotantes verticais.	As janelas pivotantes permitem praticamente 100% de abertura do vão quando rotacionadas a 90°, obtendo-se maior área efetiva para a entrada do vento. Além disso, permitem melhor controle do movimento do ar.
Folhas de vidro fixas sobre as janelas	Não contribuem para a ventilação do espaço na altura dos usuários, causando ainda desconforto visual através da radiação solar direta.	Acréscimo de venezianas à sua frente.	Diminuição da incidência de raios solares.
Abertura superior de saída do ar	Encontra-se atualmente vedada, impossibilitando a penetração do vento.	Desobstrução e colocação de janelas pivotantes horizontais.	Permitir a penetração e renovação do ar.
Cobogós	Não são suficientes para produzir resultados satisfatórios.	Criação de mais uma fileira de cobogós, na mesma parede, no canto oposto ao já existente.	Permitir melhor distribuição do fluxo do ar no interior da sala, redirecionando-o para a região prejudicada.

As figuras a seguir demonstram o resultado das simulações, incorporando as modificações propostas.

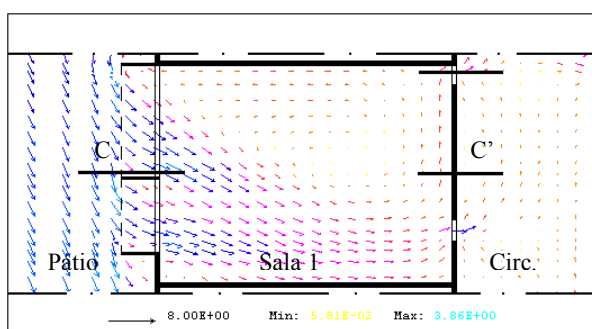


Figura 10: CTEC – Sala 1 – Planta Baixa – Proposta

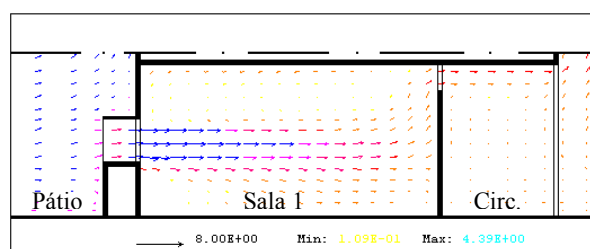


Figura 11: CTEC – Sala 1 – Corte CC' – Proposta

A observação dos resultados leva-nos a uma boa visualização das melhorias causadas pelas alterações. O fluxo de ar é distribuído uniformemente pelo ambiente, atingindo velocidades bastante satisfatórias e garantindo maior conforto térmico.

5.2 Bloco de Matemática

Ao contrário do que acontece no CTEC, o diagnóstico bastante desfavorável da ventilação natural no bloco de Matemática, levou à sugestão de modificações mais intensas, isto é, com um menor aproveitamento dos elementos já existentes, descritas no quadro a seguir.

Quadro 02: Problemas encontrados, propostas de intervenção e justificativas – Bloco de Matemática

Elemento Arquitetônico	Problema Encontrado	Proposta de Intervenção	Justificativa
Aberturas de entrada do fluxo de ar.	Dificuldade de penetração do fluxo de ar devido à tipologia das esquadrias existentes. O peitoril elevado dificulta o direcionamento do vento para a altura dos usuários.	Substituição das esquadrias existentes por janelas pivotantes e diminuição da altura do peitoril. As novas janelas serão compostas por folhas pivotantes verticais, na parte inferior da esquadria, e por pivotantes horizontais no trecho mais alto da mesma.	As janelas pivotantes permitem melhor controle na direção do vento e a abertura total do vão das esquadrias, aumentando o fluxo de ar no interior do ambiente, e a diminuição do peitoril facilita o direcionamento do vento para a altura dos usuários.
Peitoril elevado.	Falta de ventilação satisfatória na altura dos usuários.	Abertura de vãos, e implantação de esquadrias com venezianas móveis, nos peitoris do primeiro pavimento e do pavimento térreo. Introdução de vãos próximos ao piso, dotados de esquadrias com venezianas móveis, nas paredes voltadas para a circulação.	Produzir um fluxo de ar controlável na altura dos usuários, a fim de incrementar as trocas térmicas dos mesmos com o ar circulante. As venezianas móveis permitirão o controle das chuvas, sem obstruir totalmente a ventilação, e, através do fechamento total do vão, o uso eventual de aparelhos de ar condicionado, quando esse recurso se fizer necessário.
Aberturas de saída do fluxo de ar.	Vedação das aberturas de saída do ar.	Troca dos painéis de vidro fixo, localizados nas aberturas existentes na parede do corredor, por janelas com folhas pivotantes horizontais.	Permitir ventilação cruzada e proporcionar maior vazão do ar através dos ambientes da ala leste do bloco.

As figuras que seguem trazem o resultado das simulações dessas propostas de intervenção.

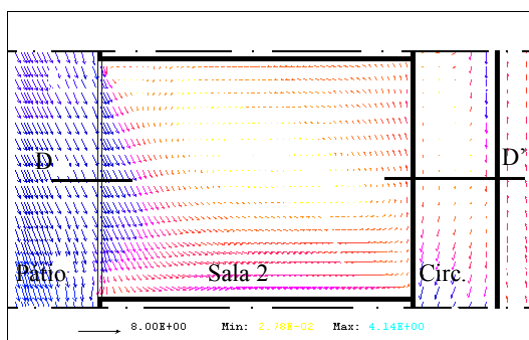


Figura 12: Bloco de Matemática – Sala 2 – Pl. Baixa – Proposta

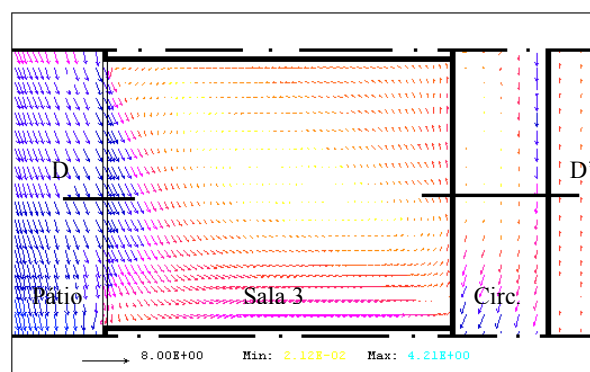


Figura 13: Bloco de Matemática – Sala 3 – Pl. Baixa – Proposta

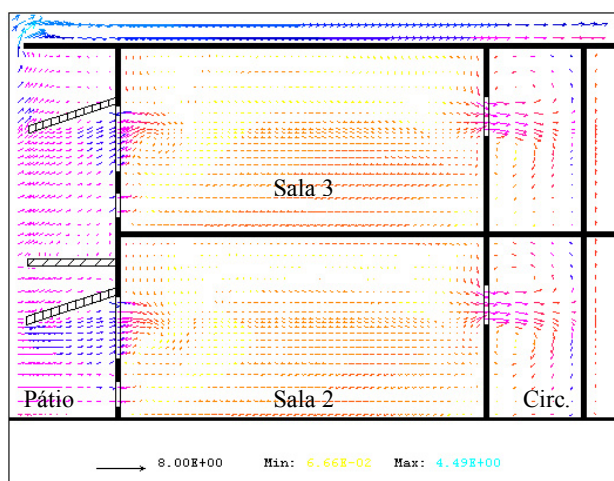


Figura 14: Bloco de Matemática – Salas 2 e 3 – Corte DD' – Proposta

Analisando-se o resultado das simulações, apresentado na figura acima, constata-se um aumento considerável na velocidade média da ventilação no interior do ambiente. Porém o fluxo de ar não se distribui uniformemente pela sala, ficando ainda insatisfatório próximo à porta de entrada. Essa situação pode ser contornada com a adoção de um lay-out favorável, permitindo que os alunos permaneçam na região de maior movimento do ar, restando a outra área para o professor, o qual geralmente movimenta-se com frequência pela sala.

6. CONCLUSÕES

A necessidade de se revisarem os padrões arquitetônicos inadequados às características locais, traz aos arquitetos uma grande responsabilidade. Os resultados dessa pesquisa mostram que medidas simples de adequação dos edifícios ao seu entorno climático podem resultar em edificações energeticamente mais eficientes e plasticamente mais interessantes. Apesar das dificuldades do uso do programa PHOENICS, o mesmo se apresenta como ferramenta muito útil em investigações relacionadas à ventilação natural.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALANDARI, F. *Thermo Fluid Analysis in the Built Environment: Expectations and Limitations. Computational Fluid Dynamics for the Environmental and Services Engineer- Tool or Toy? Proc. on the Institution of Mechanical Engineers Seminar*, 26 Nov. 1991. Londres: Mechanical Engineers Publications Ltd., 1991.
- BITTENCOURT, L. *Ventilation as a Cooling Resource for Warm Humid Climates: An Investigation on the Influence of Geometric Aspectsof Perforated Block Walls to Improve Ventilation Inside Low-Rise Buildings*. Londres: PhD Thesis, Architectural Association Graduate School, 1993.
- CHAM. *PHOENICS 2.2 Documentation*. Londres: CHAM, 1989.
- IAU, R.H., WHITLE, G.E. *Air Flow Analysis for Large Spaces in an Airport Terminal Building. Proc. on the Institution of Mechanical Engineers Seminar*, 26 Nov. 1991. Londres: Mechanical Engineers Publications Ltd., 1991.
- LAMBERTS, Roberto, DUTRA, Luciano e PEREIRA, Fernando O. R. *Eficiência Energética na Arquitetura*. São Paulo: PW, 1997.
- LITTLER, J. *Test cells: Do we need them? Building and Environment*. Vol. 28, no. 2. Oxford: Pergamon Press, 1993.