



XV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído

Avanços no desempenho das construções – pesquisa, inovação e capacitação profissional

12, 13 E 14 DE NOVEMBRO DE 2014 | MACEIÓ | AL

EXPERIMENTO DIDÁTICO UTILIZADO PARA COMPREENSÃO DE VENTILAÇÃO NATURAL POR EFEITO CHAMINÉ

CARVALHO, Carolina Rocha (1); PACHECO, João Luiz (2); GALAFASSI, Marcelo (3); CARTANA, Rafael Prado (4)

(1) UNIVALI, arqcarolcarvalho@gmail.com; (2) UNIVALI, joaopacheco@univali.br; (3) UNIVALI, marcelo@galafassi.com.br; (4) UNIVALI, cartana@univali.br

RESUMO

A adoção de estratégias bioclimáticas no processo de projeto, visando melhorias no desempenho térmico das edificações, está diretamente ligada à compreensão, por parte dos projetistas, dos fenômenos físicos aos quais a edificação estará sujeita após construída. A pesquisa de Cartana (2006), mostra que os projetistas apresentam dificuldades para lidar com alguns fenômenos físicos envolvidos no desempenho das edificações, principalmente os que são mais difíceis para ser exemplificados visualmente, como por exemplo, trocas térmicas e propriedades térmicas dos elementos construtivos. Este trabalho tem como objetivo principal apresentar um experimento realizado na disciplina de Conforto Térmico, do curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade do Vale do Itajaí (UNIVALI), e seus resultados referentes à sua contribuição no aprendizado dos alunos. O estudo refere-se à experimentação prática baseada na experiência didática de professores da área de Conforto Ambiental. O método utilizado consiste na apresentação de experimento prático sobre ventilação por efeito chaminé e aplicação de questionário visando analisar o aprendizado dos alunos quando fenômenos físicos são apresentados por meio de experimentos. O experimento foi apresentado no segundo semestre de 2013, com 60 alunos de duas turmas distintas, que participaram da pesquisa respondendo a um questionário com 3 perguntas. Os resultados deste estudo demonstram que, uma vez que os fenômenos físicos passam a ser visualmente compreensíveis através do experimento, maior é a compreensão e interesse nesta estratégia bioclimática por parte dos alunos. Como principais resultados da aplicação do questionário, 83,33% confirmaram que o experimento realizado em sala foi muito esclarecedor para a compreensão do fenômenos de ventilação por efeito chaminé, e 91,67% comprovaram ser de máxima importância a apresentação do experimento para o aprendizado. Esta aceitação pôde ser comprovada através de uma pesquisa de opinião realizada com os mesmos, onde recomenda-se a apresentação de conceitos físicos através de experimentos que tornem visíveis os efeitos das trocas térmicas em uma edificação.

Palavras-chave: Conforto Térmico, Ensino, Experimento Didático.

ABSTRACT

The use of bioclimatic strategies in the design process, in order to improve the buildings thermal performance, is directly linked to designers understanding of the physical phenomena that the building will be exposed after constructed. The research Cartana (2006), shows that the designers have difficulties to deal with some physical phenomena involved in the buildings performance, especially those that are more difficult to be visually exemplified, for example, heat exchange and thermal properties of building components. This work aims to present an experiment developed in the Thermal Comfort discipline in the Architecture and Urbanism course at University from Vale do Itajaí (UNIVALI), and its results related to the contribution to student learning. The study refers to the practical experimentation based on teaching experience in the Environmental Comfort area. The used method consist in a presentation of a practical experiment of stack effect ventilation and a questionnaire application in order to evaluate the student comprehension and learning when physical phenomena are shown by experiments. The experiment was presented in the second semester of 2013 to 60 under graduate students of two different classes, they took part in the survey by answering a 3 questions questionnaire. The study results demonstrates that, since

the physical phenomena becomes visually comprehensible through the experiment, the greater is the student's understanding and interest in this bioclimatic strategy. As the main results of the questionnaire application, 83.33% confirmed that the experiment presented in the classroom was very enlightening for understanding the phenomena of stack effect ventilation, and 91.67% proved that the experiment presentation had an utmost importance for learning. This acceptance could be confirmed by the survey applied to the students, where consequently is recommended the presentation of physical concepts through experiments that make visible the effects of thermal exchanges in buildings.

Keywords: *Thermal Comfort, Teaching, Teaching Experiment.*

1 INTRODUÇÃO

A incorporação de estratégias bioclimáticas no projeto de arquitetura, apresenta-se como item fundamental no desempenho térmico das edificações. As escolhas adequadas durante a fase projetual podem vir a impactar significativamente na redução do consumo energético no ambiente construído. No entanto, para que nos projetos possam ser incorporadas estratégias bioclimáticas de maneira eficaz, é necessário compreender os fenômenos físicos envolvidos no desempenho térmico das edificações.

O aluno de arquitetura tem, durante o curso de graduação, o principal período de sua formação como arquiteto, onde ele deve ser orientado para o exercício consciente e reflexivo da prática profissional. Este momento apresenta-se como o mais adequado para que o estudante adquira conhecimentos necessários para compreensão do desempenho termo energético dos edifícios.

Este trabalho tem como objetivo principal apresentar um experimento didático realizado na disciplina de Conforto Térmico do curso de Arquitetura e Urbanismo, por meio dos resultados referentes à sua contribuição no aprendizado dos alunos. O experimento apresentado visa especificamente facilitar a visualização e compreensão do fenômeno da ventilação por efeito chaminé. A contribuição do experimento no aprendizado dos alunos é avaliada por uma pesquisa de campo, realizada com a aplicação de questionários estruturados.

A presente pesquisa parte da hipótese de que a variação das práticas didáticas, como a apresentação de experimentos em sala de aula, pode contribuir para a compreensão mais efetiva e facilitada de conteúdos. Além de procurar responder tal questão, o presente trabalho tem como justificativa a apresentação, o registro e a descrição do referido experimento didático de ventilação por efeito chaminé, com a intenção de que o mesmo possa ser replicado em outros cursos de Arquitetura e Urbanismo.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A falta de compreensão e a consequente desconsideração dos fenômenos físicos envolvidos no desempenho ambiental das edificações apresenta-se como uma barreira a ser transposta, primeiramente no meio acadêmico e posteriormente no mercado da construção civil. Considerar estes fenômenos com mais efetividade, possivelmente produzirá edificações com um desempenho melhor com relação aos condicionantes climáticos de cada localidade, reduzindo assim o seu impacto ambiental.

Thomaz (2001) menciona que os grandes problemas das construções brasileiras resultam de vários de fatores, como a falta de investimentos, o estímulo insuficiente para pesquisas multidisciplinares, dificuldades na produção e efetiva adequação à normalização técnica brasileira, impunidade, visão distorcida de alguns empreendedores, péssima remuneração dos profissionais de projeto, obsolescência de alguns cursos de arquitetura e ensino compartimentado. O autor afirma que a análise cuidadosa das causas revela que muitos dos problemas constatados nas construções

poderiam ser evitados com a adoção de conhecimentos já consagrados da físico-química. Estes revelam-se através de diferenças entre a concepção dos projetos e o funcionamento real das obras, entre o desempenho almejado e a resposta em uso da edificação.

Segundo Szokolay (1994), o papel da ciência na arquitetura vem se tornando cada vez mais fraco, onde a qualidade da construção e seu desempenho muitas vezes são irrelevantes em detrimento de questões que pouco tem a ver com o propósito da edificação. Critérios puramente estéticos acabam, em diversas situações, superar razões científicas na concepção de projetos arquitetônicos. O autor defende que os assuntos científicos, implícitos no desenvolvimento da arquitetura, devem ser inseridos no ateliê de maneira amigável, e os projetos desenvolvidos podem servir como veículos de aprendizado destes temas.

Mesmo quando utilizadas tecnologias mais avançadas, como computação visando integrar conceitos físicos ao processo de projeto, a possibilidade de visualização dos fenômenos físicos e seus resultados gráficos pode contribuir para sua compreensão e efetiva aplicação. Greenberg et al. (2013) identificam a dificuldade de visualização dos resultados de simulações como um dos principais pontos para a integração de simulações computacionais no processo de projeto.

As conclusões de Cartana (2006) reforçam as afirmações de Szokolay, demonstrando que o emprego de experimentos nas disciplinas de conforto ambiental é importante para aproximar os projetistas dos fenômenos físicos aos quais suas edificações estarão sujeitas.

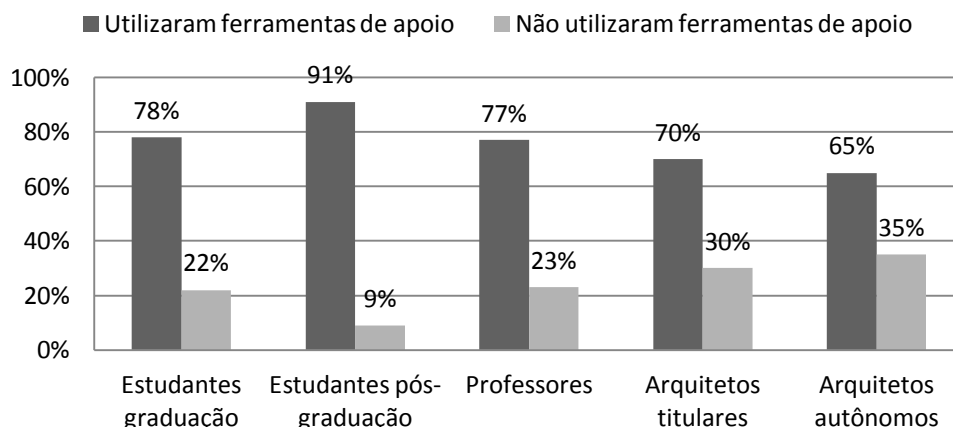
O objetivo foi de avaliar as principais limitações encontradas na incorporação de estratégias bioclimáticas no processo de projeto, por meio de uma pesquisa de campo. Divididos em cinco grupos, conforme suas áreas de atuação no meio acadêmico e no mercado de trabalho, os entrevistados foram questionados sobre a utilização e importância do uso de ferramentas de avaliação bioclimática para apoio às decisões projetuais. Cerca de 76% dos entrevistados afirmou que utilizam algum tipo de ferramenta de avaliação, enquanto que cerca de 24% afirmou não utilizar nenhuma das ferramentas relacionadas.

Entre os grupos entrevistados, o que atribuiu maior importância para o uso de tais ferramentas foram os estudantes de pós-graduação (91%), já os grupos que menor importância atribuíram, foram os arquitetos, tanto autônomos (35%), como titulares de escritórios (30%), conforme apresentado no Gráfico 1.

Apesar de afirmarem que costumam utilizar ferramentas para avaliação bioclimática todos os grupos entrevistados atribuem pouca importância à utilização das mesmas, e o uso de maquetes físicas apresenta-se como a preferência entre os entrevistados para a análise do projeto.

Com relação ao emprego de estratégias bioclimáticas, os entrevistados afirmaram que consideram a orientação solar e a iluminação natural como as estratégias mais importantes em todas as etapas de desenvolvimento do projeto. Estes atribuem um nível de importância maior para as estratégias bioclimáticas do que para as ferramentas de avaliação, em uma demonstração de que os entrevistados procuram integrar diretrizes de conforto aos seus projetos. No entanto, acabam por fazer isto de maneira intuitiva, visto que as ferramentas de apoio são pouco utilizadas.

Gráfico 1 - Adoção de ferramentas de avaliação bioclimática para apoio às decisões de projeto.



Fonte: Cartana, 2006.

A mesma pesquisa apresentou dados com relação ao emprego da inércia térmica, considerada como a estratégia de menor importância para todos os grupos pesquisados, reforçando a afirmação que os arquitetos apresentam mais facilidade para lidar com fenômenos que possam ser visualizados de forma gráfica no projeto, como os efeitos da insolação e ventos. Fenômenos que envolvem conceitos físicos de limitada visualização gráfica, como as propriedades dos componentes do envelope construtivo, apresentam maior dificuldade de compreensão para os arquitetos, e acabam por atribuir menor importância. (CARTANA, 2006)

A pesquisa de Galafassi (2012), também mostra dados obtidos em entrevistas, porém de maneira qualitativa, levando em conta a importância de determinadas decisões de projeto durante o processo projetual, todas relacionadas ao emprego de estratégias bioclimáticas.

Como parte dos resultados, decisões relacionadas à iluminação natural, orientação de fachadas, elementos de proteção solar e ventilação natural, têm importância máxima nas fases iniciais de projeto, de maneira a evitar medidas corretivas em etapas posteriores. Por outro lado, elementos de vedação, tanto para fechamentos como para cobertura, têm importância maior apenas nas fases finais do processo de projeto (GALAFASSI, 2012).

Os fenômenos relacionados à ventilação possuem maneiras de demonstração e apropriação mais fáceis de serem compreendidas pelos alunos do que as trocas térmicas nos componentes construtivos. Uma vez que existe maior facilidade para compreensão dos fenômenos gráficos, o desenvolvimento de experimentos didáticos que permitam a visualização dos fenômenos físicos envolvidos no desempenho das edificações apresentam-se como uma oportunidade para a valorização de estratégias bioclimáticas na elaboração dos projetos.

3 MÉTODO

O método adotado refere-se à experimentação prática apresentada no ensino superior e baseada na experiência didática de professores da área de Conforto Ambiental. Observou-se a necessidade de apresentar o fenômeno de ventilação por efeito chaminé por meio de um experimento prático, em função da dificuldade de alguns alunos em

visualizar seu funcionamento, o que desencoraja seu uso e aplicação no desenvolvimento de projetos arquitetônicos.

O experimento foi elaborado pelo Professor João Luiz Pacheco e utiliza materiais e equipamentos de uso cotidiano, ao alcance para laboratórios de quaisquer Instituições de ensino, podendo assim ser replicado em demais disciplinas de conforto ambiental.

O método utilizado consiste na abordagem do assunto através de aula teórica, apresentação de experimento prático sobre ventilação por efeito chaminé e aplicação de questionário visando analisar o aprendizado dos alunos quando fenômenos físicos são apresentados por meio de experimentos.

3.1 Aula teórica

O assunto de ventilação por efeito chaminé foi lecionado de forma teórica, em sala de aula, com apresentação do conteúdo através de desenhos e imagens com exemplos da estratégia aplicada em algumas edificações construídas.

3.2 Experimento prático

Após a explicação física do fenômeno e exibição de exemplos, foi apresentado aos alunos o experimento prático didático. O experimento tem como objetivo demonstrar como se dão as trocas térmicas com a utilização da estratégia bioclimática de ventilação por efeito chaminé.

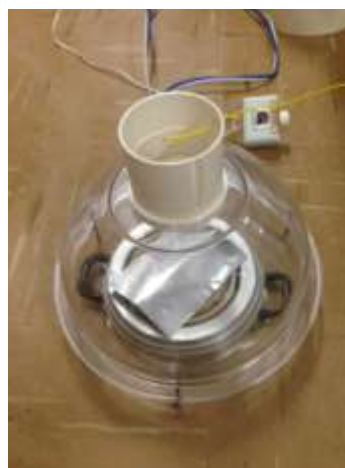
São utilizados 2 tubos de PVC 100mm de 1 metro de comprimento, 2 conectores em PVC 100mm, uma resistência elétrica para gerar calor, uma chapa metálica para dissipar o calor, um equipamento com dois sensores de temperatura de resposta rápida, um anemômetro, conforme Figura 1 e Figura 2.

Figura 1: Experimento prático de ventilação por efeito chaminé



Fonte: acervo pessoal

Figura 2: Base do experimento prático de ventilação por efeito chaminé



Fonte: acervo pessoal

A montagem e apresentação do experimento se dá em três etapas: (i) chaminé longa; (ii) chaminé de tamanho médio; e (iii) chaminé curta. Além disso, ao longo da apresentação do experimento são lançadas três perguntas que devem ser respondidas e discutidas, visando maior apropriação do conhecimento.

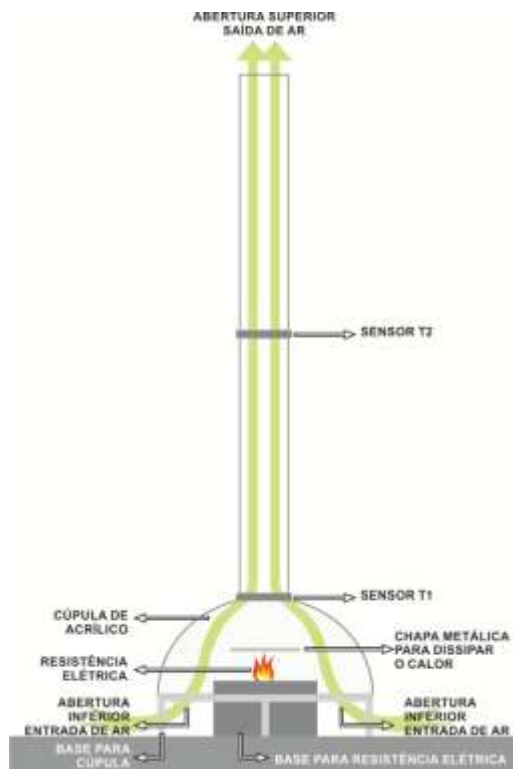
3.2.1 Etapa 1: Chaminé longa

Na primeira etapa monta-se o experimento por completo (Figura 3), com a chaminé de 2,00 m de altura. É importante aguardar em torno de 10 minutos antes de realizar as medições, de maneira que as temperaturas estabilizem. Após este tempo as temperaturas são medidas, onde $T_1=55^{\circ}\text{C}$, enquanto que $T_2=45^{\circ}\text{C}$. Logo após as medições, o anemômetro é colocado na saída de ar para medir a velocidade do ar. A velocidade do ar na saída foi registrado em $1,00\text{m/s}$ e as temperaturas sofreram alteração, registrando $T_1=59^{\circ}\text{C}$ e $T_2=48^{\circ}\text{C}$. Assim foi apresentado à turma um questionamento visando gerar discussão.

1 - Por que a temperatura aumentou quando colocamos o anemômetro?

Esta alteração nas temperaturas T_1 e T_2 deu-se em função da diminuição da área de abertura de saída de ar, dificultando sua saída que acarretou no aumento das temperaturas internas.

Figura 3: Etapa 1 do experimento prático de ventilação por efeito chaminé



Fonte: Relatório realizado pelos alunos Sandra Feldmann e Wesley Magio.

3.2.2 Etapa 2: Chaminé de tamanho médio

Na segunda etapa, parte do tubo foi desmontado e a chaminé ficou com 1,00m de altura. É importante aguardar em torno de 10 minutos antes de realizar as medições, de maneira que as temperaturas estabilizem. As temperaturas são medidas, e $T_1=59^{\circ}\text{C}$ e $T_2=48^{\circ}\text{C}$. A velocidade de ar na saída foi registrado em $0,80\text{m/s}$ e as temperaturas subiram para $T_1=70^{\circ}\text{C}$ e $T_2=55^{\circ}\text{C}$.

3.2.3 Etapa 3: Chaminé curta

Na última etapa o tubo foi desacoplado deixando o experimento sem chaminé, apenas uma abertura superior para a saída de ar, conforme Figura 4. Nesta configuração a T_1 foi medida na saída de ar e T_2 não foi mais registrada pois não havia chaminé. O equipamento ficou nesta situação por volta de 10 minutos que a temperatura estabilize. Após este tempo, a temperatura foi registrada em $T_1=73^{\circ}\text{C}$.

Figura 4: Etapa 3 do experimento prático de ventilação por efeito chaminé



Fonte: Relatório realizado pelos alunos Sandra Feldmann e Wesley Magio.

Assim o anemômetro foi posicionado na saída de ar que registrou velocidades do ar em **0,20m/s** e a temperatura teve um aumento rápido que foi registrado até **T1=100°C** e o experimento foi então desligado. Assim foram apresentados dois questionamentos à turma objetivando gerar discussão.

2 – Por que a temperatura aumentou quando retiramos a chaminé?

Com a redução da chaminé, houve a diminuição do fluxo de ar, consequentemente reduzindo seu resfriamento e aumentando, assim, a temperatura interna.

3 – Por que a velocidade do ar diminui ao retirar a chaminé?

Quanto maior o comprimento da chaminé, maior é o percurso do ar fazendo com que este aumente sua velocidade e sua capacidade de resfriamento. Desta forma, ao reduzir o comprimento da chaminé, a velocidade do ar diminuirá e a temperatura aumentará.

3.3 Pesquisa de Campo: Aplicação de questionário para alunos de graduação

Após apresentação da aula expositiva, com abordagem do fenômeno físico e exemplos, e apresentação do experimento prático, foi apresentado um questionário entre os alunos do curso de Arquitetura e Urbanismo da UNIVALI da disciplina de Conforto Térmico. O questionário aplicado contém as questões apresentadas na Tabela 1:

Tabela 1 – Questionário aplicado aos estudantes

1. Atribua uma nota (de 1 a 4) para as seguintes metodologias de ensino na disciplina de conforto ambiental:

Aulas teóricas	1	2	3	4
Pesquisa extra classe	1	2	3	4
Apresentação de estudos de caso (exemplos de projetos)	1	2	3	4
Experimentos relacionados com o desempenho das edificações	1	2	3	4
Apresentação de vídeos	1	2	3	4

2. Responda a questão abaixo em relação ao experimento de trocas térmicas sobre o efeito chaminé.

1	O experimento realizado não colaborou com minha compreensão do fenômeno de ventilação por efeito chaminé.
2	O experimento realizado colaborou pouco com minha compreensão do fenômenos de ventilação por efeito chaminé.
3	O experimento realizado auxiliou na minha compreensão do fenômeno de ventilação por efeito chaminé.
4	O experimento realizado foi muito esclarecedor para minha compreensão do fenômeno de ventilação por efeito chaminé.

3. Atribua um nível de importância de 1 a 4 para **realização de experimentos** nas aulas de conforto térmico:

1	2	3	4
---	---	---	---

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

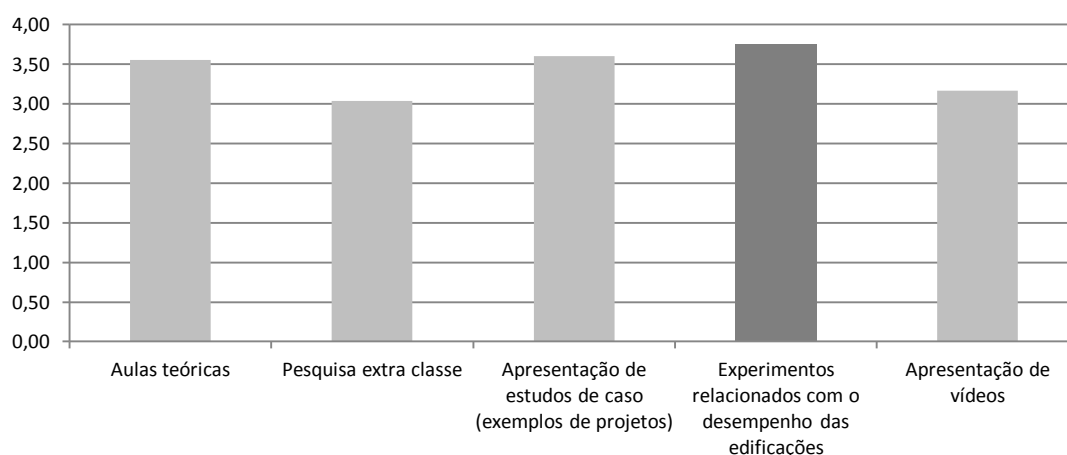
Após a abordagem do assunto e apresentação do experimento, foi aplicado um questionário estruturado visando analisar a contribuição do experimento prático no aprendizado dos alunos.

Na pesquisa de campo, o questionário foi aplicado à 60 (sessenta) alunos, em duas turmas distintas, da disciplina de Conforto Térmico do curso de Arquitetura e Urbanismo da UNIVALI.

4.1 Importância atribuída a diferentes metodologias de ensino nas aulas de conforto ambiental

Dentre as diferentes metodologias de ensino apresentadas, os entrevistados atribuíram maior importância à realização de experimentos práticos. Em uma escala de 0 a 4, foi atribuído um nível de importância de **3,70**, como apresentado no Gráfico 2. Entre as demais metodologias, a apresentação de estudos de caso com exemplos de projetos (3,60) e aulas teóricas (3,55) apareceram como segundo e terceiro lugar na opinião dos entrevistados. As demais metodologias não se destacaram tanto como as três primeiras, onde a apresentação de vídeos teve nível de importância de 3,17, e pesquisa extra classe de 3,03.

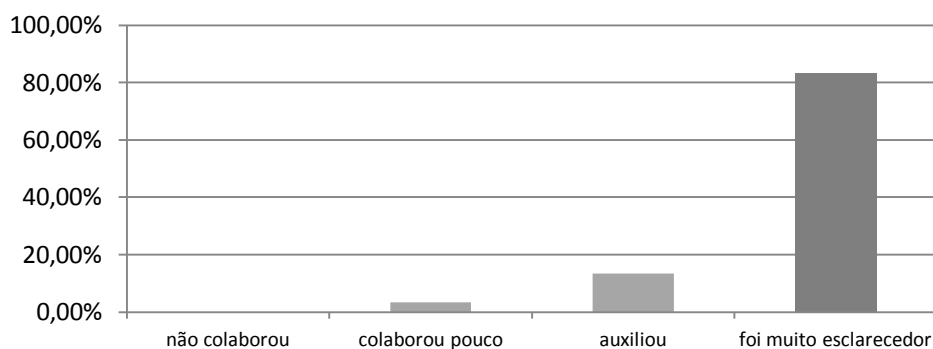
Gráfico 2: Comparativo entre os níveis de importância atribuídos às metodologias de ensino.



4.2 Avaliação do experimento sobre ventilação natural por efeito chaminé

A maioria dos entrevistados (**83,33%**) consideraram que o experimento realizado foi muito esclarecedor em relação à compreensão dos fenômenos físicos envolvidos na ventilação natural por efeito chaminé. Cerca de 13,33% dos alunos consideraram que o experimento apenas auxiliou na compreensão e 3,33% consideraram que o experimento pouco colaborou. Nenhum entrevistado considerou que o experimento não colaborou com a compreensão dos fenômenos envolvidos no experimento, conforme Gráfico 3.

Gráfico 3: Avaliação da compreensão do experimento sobre ventilação por efeito chaminé.



4.3 Nível de importância atribuído para realização de experimentos em salas de aulas

Em relação à realização de experimentos nas aulas de conforto térmico os entrevistados atribuíram um nível de importância de **3,90** em uma escala de 0 a 4. Sendo que **91,67%** dos entrevistados consideraram de máxima importância a apresentação de conteúdo através de experimentos práticos.

Durante a apresentação do experimento, observou-se sua importância, pois a grande maioria dos alunos participou da atividade, fazendo-os observar e interagir respondendo às questões e discutindo os efeitos em sala.

5 CONCLUSÕES

Através de bibliografia e experiência docente observou-se a dificuldade de apropriação do conhecimento de fenômenos físicos envolvidos no desempenho das edificações, principalmente os que são mais difíceis para serem exemplificados visualmente como, por exemplo, trocas térmicas e propriedades térmicas dos elementos construtivos.

O experimento apresentado visa especificamente facilitar a visualização e compreensão do fenômeno da ventilação por efeito chaminé, e mostrou-se importante para melhor compreensão do fenômeno, avaliado em uma pesquisa de campo com aplicação de questionários estruturados.

Dentre as metodologias de ensino apresentadas, os entrevistados atribuíram maior importância à realização de experimentos práticos, seguido de apresentação de estudos de caso com exemplos de projetos, aulas teóricas, apresentação de vídeos e pesquisa extra classe. Desta forma, a apresentação de experimentos práticos apresentou-se como uma metodologia muito importante a ser empregada em aulas de conforto térmico.

Segundo 83,33% dos entrevistados, o experimento realizado foi muito esclarecedor em relação à compreensão dos fenômenos físicos envolvidos na ventilação natural por efeito chaminé.

Em relação à realização de experimentos nas aulas de conforto térmico, os entrevistados apresentaram grande aceitação e interesse em sua realização. Dentre os entrevistados, 91,67% consideraram de máxima importância a apresentação de conteúdo através de experimentos práticos. Esta afirmação pôde ser comprovada, além dos questionários, pela observação pessoal em função da atenção e participação dos alunos durante a realização do experimento, assim como nas discussões em sala durante a apresentação.

Desta forma, observou-se a importância de que sejam realizados mais experimentos porque os mesmos ajudam na compreensão de fenômenos que para eles parecem por vezes um tanto abstratos. A apresentação de experimentos práticos para a explanação de fenômenos físicos não visíveis aos olhos são muito importantes para o aprendizado do aluno. Sendo assim, recomenda-se que a disciplina de conforto térmico seja mais dinâmica, variando as metodologias de ensino, tornando-se uma estratégia eficiente para um melhor aproveitamento escolar.

AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer à UNIVALI, além de todos os entrevistados que colaboraram com a pesquisa de campo.

REFERÊNCIAS

CARTANA, Rafael Prado. **Oportunidades e Limitações para Bioclimatologia Aplicada ao Projeto Arquitetônico**. 2006. 137 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

GALAFASSI, Marcelo. **Impacto do método prescritivo do RTQ-C no processo de projeto arquitetônico de edificações: a visão de arquitetos em Florianópolis - SC**. 2012. 102 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2012.

GREENBERG, Donald; PRATTC, Kevin; HENCEY, Brando; JONESB, Nathaniel; SCHUMANNB, Lars; DOBBSE, Justin; DONGB, Zhao; BOSWORTHB, David; WALTERB, Bruce. **Sustain: An experimental test bed for building energy simulation**. In: Energy and Buildings. Oxford: Elsevier, 2013. v. 58, pp. 44-57.

SZOKOLAY, Steven V. **Science in architectural education**. In. ANZAScA, 1994. Deakin University.

THOMAZ, Ercio. **Tecnologia, gerenciamento e qualidade na construção**. São Paulo: Ed. Pini, 2001.