

Uso de instrumentos computacionais para análise do desempenho térmico e energético de edificações no Brasil

The use of computational tools for thermal and energy performance analysis of buildings in Brazil

Nathan Mendes
Fernando Simon Westphal
Roberto Lamberts
José A. Bellini da Cunha Neto

Resumo

Este artigo apresenta uma síntese do desenvolvimento de pesquisas relacionadas à área de simulação do desempenho térmico e energético de edificações no Brasil, desde o início da utilização de ferramentas computacionais, na década de 80, até os dias de hoje. Durante esse período, alguns grupos de pesquisa se destacaram promovendo o uso de ferramentas computacionais no projeto e análise do desempenho de edificações, incluindo avaliação do comportamento térmico, energético e luminoso. A primeira parte do artigo apresenta um panorama geral da evolução do consumo de energia elétrica em edificações no país da década de 80 até o ano de 2002, após a crise de abastecimento que forçou grande parte do Brasil a um racionamento em 2001. Esse contexto impulsionou a pesquisa por alternativas de projetos de edificações mais eficientes, marcada com a regulamentação da lei nacional de eficiência energética (Lei nº 10.295), publicada em 17 de outubro de 2001. A segunda parte do artigo apresenta uma síntese das pesquisas desenvolvidas na área pelos principais grupos de pesquisa nacionais. Muitos desses estudos resultaram em dissertações de mestrado e teses de doutorado que moldaram o uso da simulação de edificações no país até os dias de hoje. A última parte do artigo apresenta as considerações finais e projeções sobre as tendências para o uso e desenvolvimento de ferramentas para a simulação do desempenho de edificações.

Abstract

This paper presents a synthesis of research activities on building performance simulation in Brazil, from the time the first computational tools were used, in the 80's, to the present. During this period, some research teams have stood out for using simulation tools in the design and performance analysis of buildings, including the evaluation of thermal, energy and luminous performance. The first part of this paper presents an overview of the evolution of the electric energy consumption in buildings in Brazil, from the 80's until the year 2002, after the crisis in the national electric energy supply sector in 2001. This context stimulated research for more energy efficient buildings design alternatives. The starting point of this process occurred on October 17, 2001, with the publication of a national law for energy efficiency in buildings and appliances (Law n. 10.295). The second part of this paper presents a synthesis of building simulation research studies carried out by Brazilian research groups. Many of these studies resulted in master or doctoral dissertations, which have modelled the use of building simulation in this country in the last twenty years. The last part of this article presents the final remarks and projections for the future on the use and development of computational tools for building performance simulation.

Nathan Mendes
Laboratório de Sistemas
Térmicos
Pontifícia Universidade Católica
do Paraná
Curitiba - PR - Brasil
CEP: 80215-901
E-mail:
nathan.mendes@pucpr.br

Fernando Simon Westphal
Laboratório de Eficiência
Energética em Edificações
Universidade Federal de Santa
Catarina
Florianópolis - SC - Brasil
CEP: 88040-900
E-mail:fernando@labeee.ufsc.br

Roberto Lamberts
Laboratório de Eficiência
Energética em Edificações
Universidade Federal de Santa
Catarina
E-mail: lamberts@ecv.ufsc.br

José A. Bellini da Cunha
Neto
Laboratório de Meios Porosos e
Propriedades Termofísicas de
Materiais
Universidade Federal de Santa
Catarina
E-mail: bellini@lmp.ufsc.br

Recebido em 10/11/04
Aceito em 29/05/05

Introdução

Após a crise do petróleo, ocorrida na década de 70, diversos países direcionaram recursos e linhas de pesquisa para o desenvolvimento de fontes alternativas de energia e sistemas mais eficientes. Grande atenção foi voltada ao desempenho energético das edificações (setores residencial, comercial e público), responsáveis por uma parcela significativa do consumo de energia elétrica na maioria dos países. Países da Europa e os Estados Unidos, fortemente dependentes do petróleo para o suprimento de energia elétrica, começaram a financiar iniciativas que promovessem o desenvolvimento de edificações mais eficientes, sejam elas já construídas (mediante reformas) ou em fase de projeto (adotando-se alternativas que proporcionassem menor consumo de energia).

O conceito de eficiência energética passou a vigorar em muitos escritórios de engenharia e arquitetura e principalmente no setor público, que precisava promover o uso de tecnologias que proporcionassem o mesmo serviço consumindo menos energia.

Avaliar o desempenho energético de edificações é uma tarefa complexa que envolve grande quantidade de variáveis interdependentes e conceitos multidisciplinares. O advento do computador foi fundamental para o desenvolvimento dos modelos físicos que representam o comportamento térmico e energético de edificações, permitindo a simulação de diferentes cenários.

As primeiras ferramentas computacionais para simulação de edificações foram desenvolvidas ainda na década de 70, em computadores do tipo *mainframe*, podendo-se citar como referência dessa tecnologia o programa NBSLD, desenvolvido nos Estados Unidos (EUA). Em seguida, surgiram as estações de trabalho (*workstations*), operando em ambiente *Unix*, sob o qual foram desenvolvidas algumas ferramentas computacionais utilizadas até hoje, entre elas: DOE-2, BLAST, RADIANCE e ESP-r; os três primeiros desenvolvidos nos EUA e o último desenvolvido na Escócia, Reino Unido. A partir da década de 90, com a popularização dos computadores pessoais (PCs), empresas e grupos de pesquisa se engajaram no desenvolvimento de interfaces para esses programas, compatíveis com o sistema operacional Windows. Com o avanço progressivo dos recursos computacionais – aumento de capacidade de processamento e memória –, programas mais modernos e complexos puderam ser desenvolvidos, tais como

o ENERGYPLUS, o FLUENT, o CFX e o PHOENICS. O primeiro destes adota os principais recursos do DOE-2 e do BLAST, e os outros já utilizam o conceito de Dinâmica dos Flúidos Computacional (CFD) para representar detalhadamente o fluxo de calor e o escoamento de ar em edificações. Mas por tratarem de fenômenos físicos complexos, essas ferramentas computacionais ainda são empregadas apenas em centros de pesquisas de universidades e institutos, com pouca transferência de tecnologia para o setor de projetos, ou seja, os escritórios de engenharia e arquitetura.

Através dos programas de simulação, pode-se avaliar o desempenho térmico e energético de edificações para diferentes alternativas de projeto, sejam elas opções do desenho arquitetônico, componentes construtivos, sistemas de iluminação ou sistemas de condicionamento de ar. Com a simulação computacional, pode-se estimar o consumo de energia, o custo desse consumo e até mesmo o impacto ambiental provocado pela alternativa de projeto antes mesmo de sua execução.

Atualmente, existem mais de 290 programas de simulação listados no *Building Energy Tools Directory*

(www.eere.energy.gov/buildings/tools_directory), uma página da internet mantida pelo Departamento de Energia dos EUA que reúne informações sobre as principais ferramentas disponíveis. Apenas um programa brasileiro aparece na lista, o UMIDUS, destinado à simulação do fluxo de calor e de umidade em componentes construtivos.

Desde a década de 80 o Brasil vem importando os programas de simulação desenvolvidos no exterior, onde os recursos financeiros para esse tipo de pesquisa são mais abundantes. Nesse período, alguns grupos de pesquisa do país se destacaram, empregando as ferramentas computacionais existentes ou desenvolvendo seus próprios códigos e algoritmos para promover o desenvolvimento de projetos de edificações mais eficientes. Este artigo apresenta um breve histórico sobre as pesquisas elaboradas na Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) e na Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR). Outros centros de pesquisa, que estiveram presentes no II Workshop da IBPSA-Brasil, realizado durante o ENCAC-COTEDI 2003, também contribuíram com informações sobre suas atividades e merecem destaque neste resumo histórico sobre o uso ferramentas

computacionais para análise do desempenho térmico e energético de edificações no país.

No item 2 deste artigo apresenta-se um breve resumo do panorama energético do Brasil nas duas últimas décadas e que impulsionou a pesquisa por alternativas de projetos de edificações mais eficientes. O item 3 descreve o avanço nas pesquisas e no uso da simulação de edificações nos principais grupos de pesquisa da área no país. O item 4 apresenta as considerações finais e projeções para o futuro da simulação de edificações no Brasil.

Consumo de energia elétrica em edificações no Brasil

A crise do petróleo de 1973 não atingiu o setor elétrico brasileiro diretamente, pois o país já possuía um parque gerador predominantemente hidroelétrico. Países fortemente dependentes do petróleo, como os Estados Unidos, sofreram as consequências do embargo imposto pelos produtores e precisaram tomar medidas para reduzir o consumo de energia. As pesquisas para melhoria da eficiência energética no ambiente construído foram impulsionadas nessa época.

O consumo de energia elétrica em edificações, ou seja, nos setores residencial, comercial e público, correspondeu a 46% da eletricidade consumida no Brasil em 2002 (MME, 2003). A Figura 1 apresenta a evolução desse consumo e o crescimento do Produto Interno Bruto (PIB) do país entre os anos de 1987 e 2002. Observa-se que o aumento do consumo de energia em edificações acompanhou o crescimento do PIB no período, revelando que o crescimento da economia não representou, na mesma proporção, aumento na eficiência energética nas edificações. Esse comportamento demonstra o potencial de economia de energia a ser explorado no Brasil mediante o uso mais eficiente da eletricidade nas edificações. Em países desenvolvidos, como Estados Unidos e Japão, esse cenário não é verificado, uma vez que o PIB evoluiu sem grandes aumentos no consumo de energia. Esses países já atingiram um grau de eficiência energética em edificações diferente do dos países em desenvolvimento, que ainda possuem um vasto potencial de economia de energia e melhoria nos conceitos de projetos e sistemas a serem aproveitados.

A variação anual do consumo de energia em cada setor pode ser mais bem visualizada na Figura 2. Observa-se o expressivo aumento na energia consumida no setor residencial entre os anos de 1994 e 1995, devido principalmente à estabilidade econômica alcançada na época, que refletiu em um incremento nas vendas de equipamentos elétricos, especialmente os de uso doméstico. Entre 2000 e 2001, observa-se uma redução no consumo, resultado do racionamento de energia elétrica imposto pelo governo durante o inverno de 2001. Naquele ano, o sistema elétrico do país entrou em colapso devido ao efeito conjugado dos poucos investimentos em ampliação do parque gerador nos anos anteriores e da escassez de chuvas registrada no ano 2000. As regiões Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste foram as principais atingidas e obrigadas a racionar energia elétrica durante os meses do Período Seco de 2001 (entre maio e novembro). Observa-se que os novos hábitos dos consumidores residenciais adquiridos durante o racionamento refletiram em uma diminuição do consumo ainda entre 2001 e 2002, mesmo após o racionamento.

De modo geral, o projeto de edificações no Brasil recebe pouca (ou nenhuma) atenção quanto ao uso racional de energia, principalmente devido à falta de legislação que imponha limites de consumo e da falta de profissionais qualificados para atuar nesse campo multidisciplinar. Um levantamento feito por Janda e Busch (1994) sobre normalização em 57 países mostrou que o Brasil é um dos 13 países sem normas em eficiência energética em edificações. O levantamento identificou 27 países com normas obrigatórias, que restringem o consumo de energia de novos edifícios, 11 países com normas não obrigatórias e seis países no processo de desenvolvimento normativo. As únicas normas existentes no Brasil são a NBR 6401 e a NBR 5413, mas lidam apenas com o projeto de sistemas de condicionamento de ar e de iluminação, sem nenhuma consideração sobre eficiência energética. Deve-se salientar que a norma para projeto de sistemas de condicionamento de ar no Brasil encontra-se desatualizada e sua aplicação tende ao superdimensionamento e à ineficiência (LAMBERTS; WESTPHAL, 2000).

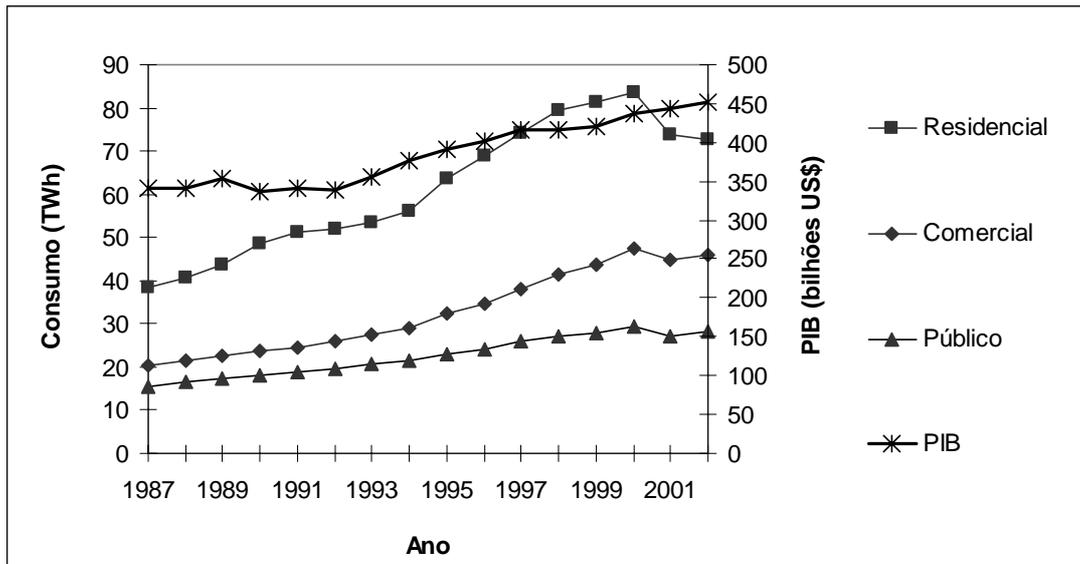


Figura 1 - Evolução do consumo de energia elétrica em edificações e do Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro

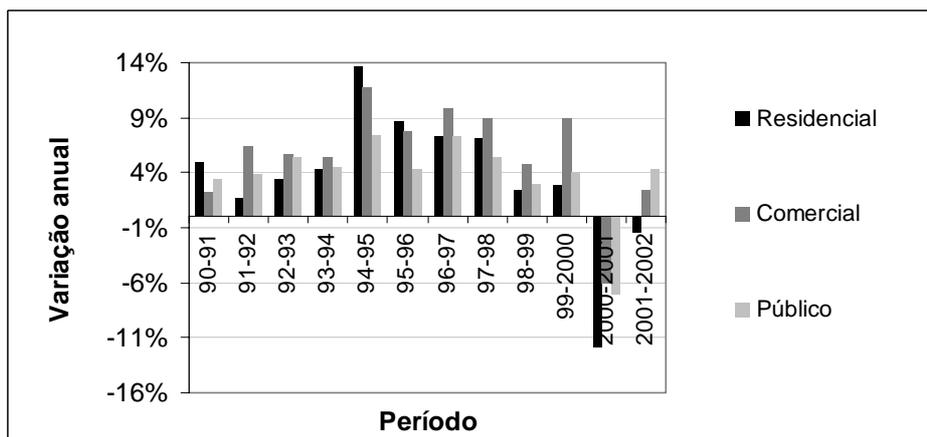


Figura 2 - Evolução do consumo de energia elétrica nos setores residencial, comercial e público

As primeiras etapas do desenvolvimento de uma política de melhoria nos níveis de eficiência energética no país através de normalização ocorreram no ano de 2001. Em outubro daquele ano, o Governo Federal publicou a Lei nº 10.295 (BRASIL, 2001a), que determina que os equipamentos consumidores de energia produzidos no país, ou importados, bem como as edificações construídas no país deverão atender a requisitos mínimos de eficiência energética. Os valores máximos de consumo permitidos seriam definidos posteriormente com base em indicadores técnicos pertinentes. Em dezembro de 2001, foi publicado o Decreto nº 4.059 (BRASIL, 2001b) regulamentando a Lei nº

10.295 e colocando o Ministério de Minas e Energia (MME) à frente das atividades para determinação dos níveis mínimos de eficiência energética a serem atendidos por equipamentos e edificações no país.

Na determinação de indicadores de consumo de edificações é imprescindível o uso de simulação computacional. Pela simulação pode-se estimar o consumo de uma edificação a partir da definição de suas características arquitetônicas, propriedades físicas dos materiais construtivos, cargas internas instaladas, sistemas de condicionamento de ar e padrões de uso e ocupação. Geralmente, utilizam-se arquivos de dados climáticos horários das 8.760 horas do ano

para representar as condições externas à edificação, tais como temperatura do ar, umidade relativa, radiação solar e ventos.

Ferramentas de simulação podem servir de suporte na aplicação de normas de eficiência energética e no projeto de edificações de alta eficiência. Para obtenção de bons resultados neste sentido, a prática de simulação deve estar incorporada na rotina de projeto dos escritórios de arquitetura e engenharia.

O uso de simulação térmica e energética no Brasil

Na década de 80, como reflexo da crise do petróleo ocorrida na década anterior, alguns grupos de pesquisa de universidades e institutos de pesquisa brasileiros começaram a se destacar com atividades voltadas para a melhoria da eficiência energética em edificações, por meio de simulação computacional. No Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) estabeleceu-se o Laboratório de Sistemas Térmicos Passivos (Siterpa) e o Núcleo de Pesquisa em Refrigeração, Ventilação e Condicionamento de Ar (NRVA). Na Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) foram criados os grupos de energia solar e de construção (NORIE – Núcleo Orientado à Inovação da Edificação). No estado de São Paulo, o uso de ferramentas computacionais para análise do desempenho de edificações iniciou-se no Instituto de Pesquisa Tecnológica (IPT), na Universidade de São Paulo (USP) e na Universidade Federal de São Carlos (UFSCar). No final da década de 90, outros grupos começaram a apresentar os resultados de suas pesquisas voltadas para a simulação de edificações, como o Laboratório de Sistemas Térmicos (LST) da Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR).

A 7ª Conferência da Associação Internacional para a Simulação do Desempenho de Edificações (IBPSA), realizada em agosto de 2001, na cidade do Rio de Janeiro, marcou a consolidação das atividades de simulação de edificações no Brasil. Naquela oportunidade, aplicou-se um questionário a todos os pesquisadores brasileiros que submeteram seus resumos ao Congresso. A pesquisa revelou que muitos dos entrevistados trabalham em instituições de ensino, as quais concentram quase a totalidade dos mestres e doutores do país. Conseqüentemente, constatou-se que o uso de ferramentas computacionais estava sendo pouco aplicado no setor privado, ou seja, nos escritórios de projeto. Entre as ferramentas utilizadas, os pesquisadores

consultados referenciaram tanto os velhos códigos, como NBSLD e HVACSIM, quanto os programas mais complexos e detalhados desenvolvidos no exterior, como DOE-2, BLAST, ESP-r, RADIANCE, TRNSYS, FLUENT e ENERGYPLUS. O desenvolvimento de ferramentas nacionais é pouco expressivo, podendo-se citar o UMIDUS, que permite a simulação da transferência de calor e umidade em estruturas porosas de edificações, e o SPTE, utilizado para estimar o desempenho térmico de componentes construtivos através de funções de transferência. Ambos os programas foram desenvolvidos no Siterpa/UFSC. O mesmo código que originou o UMIDUS vem sendo utilizado no LST/PUCPR para o desenvolvimento de um programa para a simulação higrotérmica e energética de edificações multizonas (DOMUS). Na UFSCar, o programa ARQUITROP, desenvolvido na década de 80, foi amplamente utilizado por arquitetos e estudantes de arquitetura para analisar a influência de alternativas de projeto no consumo de energia elétrica em edificações, através do método das funções de transferência.

Durante o congresso realizado no Rio de Janeiro em 2001, foi fundada a IBPSA-Brasil (www.labee.ufsc.br/ibpsa-brasil), Associação Brasileira para a Simulação do Desempenho de Edificações, afiliada à organização internacional, IBPSA. Com o objetivo de promover o uso de simulação computacional para o projeto de edificações mais eficientes, a Associação já realizou duas oficinas (*workshops*) reunindo os principais pesquisadores que trabalham com simulação no país. No primeiro encontro, durante o 9º Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciências Térmicas (ENCIT 2002) foram apresentados cinco artigos sobre o tema. Já no segundo *workshop*, realizado durante o 7º Encontro Nacional Sobre Conforto no Ambiente Construído (ENCAC-COTEDI 2003), foram apresentados 25 artigos sobre o uso de simulação para a análise do desempenho de edificações. Naquela oportunidade, a IBPSA-Brasil atingiu a marca de 44 sócios. Foi feita uma divulgação da lista de discussões da associação visando ao intercâmbio dos resultados de pesquisas e experiências desenvolvidas em cada grupo.

Utilizando simulação computacional, algumas iniciativas já foram tomadas para implementar leis de eficiência energética em dois municípios brasileiros: Salvador (BA) e Recife (PE). O código de obras dessas duas cidades está sendo adaptado para abranger parâmetros de eficiência energética no projeto de novas edificações (CARLO et al. 2003). Com a regulamentação da

Lei nº 10.295, espera-se que realizações desse tipo impulsionem o desenvolvimento de uma norma nacional de eficiência energética em edificações.

Nos itens seguintes faz-se uma breve revisão das atividades desenvolvidas pelos grupos de pesquisa que atuam na área de simulação do desempenho de edificações no Brasil.

Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) - Siterpa

No início da década de 80, um grupo de pesquisadores do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), preocupado com os efeitos da segunda crise mundial do petróleo, deu início a uma série de estudos visando à redução do consumo de energia em edificações, consolidando o Siterpa. O uso de dispositivos passivos e o projeto arquitetônico racional eram as principais metas dos projetos de pesquisa do grupo em questão (PHILIPPI et al., 1985; PHILIPPI et al., 1986).

O Siterpa envolvia alunos de graduação e professores dos Departamentos de Arquitetura, Engenharia Civil e Engenharia Mecânica. Com a simulação computacional, os primeiros trabalhos procuravam analisar a assimetria de radiação em ambientes internos (PEREIRA, 1984; PHILIPPI et al., 1983; SCHNEIDER, 1990; SCHNEIDER et al., 1990). Outros aspectos foram conduzidos em paralelo, como a análise de transferência de calor e massa em materiais porosos utilizados na construção civil (SOUZA; PHILIPPI, 1985; SOUZA, 1985; SILVEIRA NETO, 1985), transferência de calor através de convecção térmica (BIAGE; PHILIPPI, 1985) e simulação térmica de ambientes (PHILIPPI, 1985; SOUZA; PHILIPPI, 1986; SILVEIRA NETO; PHILIPPI, 1986; ABREU, 1986; CUNHA NETO et al., 1988; NICOLAU et al., 1988; SCHNEIDER et al., 1989; NICOLAU; PHILIPPI, 1990).

Usando o método dos fatores de resposta, a equipe do Siterpa desenvolveu um algoritmo para analisar a performance térmica de edificações, incluindo as trocas térmicas por radiação em ambientes internos. O algoritmo deu origem ao programa SPTE, que foi aplicado na prática para estimar a carga de resfriamento do centro de treinamento da Empresa Transmissora de Energia Elétrica do Sul do Brasil S.A. (Eletrosul), composto de um conjunto de cinco edificações, que totalizavam 4.000 m² de área construída. Como alternativas de resfriamento passivo, as edificações incorporavam coberturas com

câmaras de ar ventiladas e dutos de ar subterrâneos, os quais proporcionariam uma redução de 70% na carga térmica de resfriamento necessária para manter as edificações em padrões aceitáveis de conforto térmico.

As maiores dificuldades detectadas naquela pesquisa foram a falta de informações quanto às propriedades térmicas de materiais de construção comuns no Brasil e a falta de dados climáticos compilados para utilização em programas de simulação térmica. O clima quente e úmido característico da maior parte do território brasileiro requeria o conhecimento das propriedades higrotérmicas dos materiais de construção, visando à simulação mais precisa do desempenho térmico de componentes construtivos compostos por esses materiais. Projetos de pesquisa foram conduzidos para desenvolver instrumentos e procedimentos de medição de propriedades termofísicas de materiais porosos (GÜTHS et al., 1990; SCHNEIDER et al., 1990; FERNANDES et al., 1990). No mesmo período, estudos sobre os processos de fluxo de calor e massa em componentes construtivos foram conduzidos para possibilitar a simulação térmica de edificações, utilizando-se descrição microestrutural do meio poroso (PERIN et al., 1987; QUADRI, 1988; QUADRI et al., 1988; QUADRI; PHILIPPI, 1988; FERNANDES et al., 1989, 1990a, 1990b, GÜTHS, 1990; FERNANDES, 1990).

Na década de 90, com o aumento das atividades, envolvendo muitas vezes conceitos multidisciplinares, o Siterpa foi desmembrado em três laboratórios, alocados em departamentos diferentes da UFSC: Laboratório de Meios Porosos e Propriedades Termofísicas de Materiais (LMPT), no Departamento de Engenharia Mecânica, Laboratório de Eficiência Energética em Edificações (LabEEE), no Departamento de Engenharia Civil, e Laboratório de Conforto Ambiental (LabCon), no Departamento de Arquitetura.

Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) - LMPT

O LMPT (www.lmpt.ufsc.br) continuou as atividades do antigo Siterpa no Departamento de Engenharia Mecânica, concentrando suas pesquisas na determinação das propriedades termofísicas de materiais porosos, especialmente aqueles utilizados na construção civil, tais como concreto, argamassa e madeira (SOUZA et al., 1991; YUNES, 1992; PHILIPPI, 1991, 1993). Nessas pesquisas, foram utilizados métodos numéricos e experimentais (CUNHA NETO;

DAIAN, 1993; YUNES et al., 1994; BUENO et al., 1994; GUIMARÃES et al., 1995; PHILIPPI; SOUZA, 1995; GUIMARÃES et al., 1997; MENDES, 1997; MENDES et al., 1999, 2000).

Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) - NPC e LabEEE

No Departamento de Engenharia Civil da UFSC, as primeiras atividades com simulação térmica e energética de edificações foram desenvolvidas no Núcleo de Pesquisa em Construção (NPC), por um grupo de pesquisadores que fazia parte do Siterpa.

Em 1992, os programas de simulação horária DOE-2.1E e ESP-r foram trazidos para o Brasil e as pesquisas em simulação foram direcionadas ao estudo de desempenho térmico e energético de edificações. Porém, a falta de arquivos climáticos compilados para esses programas dificultava a simulação de edificações no país. Na mesma época, a Associação Brasileira de Refrigeração, Ar Condicionado, Ventilação e Aquecimento (Abrava) havia adquirido os dados climáticos registrados em aeroportos de 14 cidades brasileiras (Porto Alegre, Florianópolis, Curitiba, São Paulo, Rio de Janeiro, Vitória, Brasília, Belo Horizonte, Salvador, Natal, Recife, São Luís, Belém e Manaus). A dissertação de mestrado de Goulart (1993), desenvolvida no NPC, proporcionou uma contribuição importante nesta etapa, ao produzir o tratamento dos dados climáticos para a cidade de Florianópolis, optando-se pelo formato TRY (*Test Reference Year*) para representar o ano climático de referência. O projeto foi estendido para as demais cidades, com recursos do Programa de Capacitação de Recursos Humanos para Atividades Estratégicas (RHAE) e da Eletrobrás/Procel (Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica). Foram produzidos dois livros: um destinado à análise do desempenho térmico e estimativa de carga de aquecimento e resfriamento em ambientes (GOULART et al., 1998a); e outro voltado ao projeto de sistemas de condicionamento de ar, contendo os dias típicos de projeto (GOULART et al., 1998b). Os arquivos TRY de cada cidade foram compilados para utilização no programa de simulação horária, DOE-2.1E, e colocados na página do LabEEE na internet.

Utilizando o arquivo climático TRY, obtido para cidade de Florianópolis, Bulla (1995) desenvolveu as primeiras simulações com o programa DOE-2.1E no NPC. Mediante uma série de simulações paramétricas foi possível analisar a influência de variáveis arquitetônicas

no desempenho térmico de edificações comerciais. No mesmo sentido, Gómez e Lamberts (1995) desenvolveram uma análise de sensibilidade de consumo de energia elétrica de edificações a parâmetros dos modelos computacionais.

Em 1994, o NPC foi reconhecido como suporte do DOE-2.1E para a América do Sul. Em 1996, o grupo de pesquisa em energia do NPC formou o LabEEE (www.labeee.ufsc.br) ao mesmo tempo em que iniciava o desenvolvimento do Projeto 6 Cidades, coordenado pela Eletrobrás/Procel. O objetivo desse projeto era implementar reformas que reduzissem o consumo de energia em dois prédios públicos ou comerciais de cada uma das seis cidades analisadas: Florianópolis, Rio de Janeiro, Curitiba, Salvador, Brasília e Belo Horizonte. O projeto foi pioneiro na utilização de simulação computacional, através do programa VisualDOE – uma interface gráfica para o DOE-2.1E – para avaliar o potencial de economia de energia nas edificações em estudo (LAMBERTS et al., 1998). Dentro desse projeto o LabEEE ocupou papel de destaque, oferecendo o suporte necessário para os demais grupos de pesquisa na utilização da ferramenta de simulação. A dificuldade no treinamento devido ao caráter multidisciplinar do programa levou o LabEEE a pesquisar maneiras de simplificar o diagnóstico energético de edificações através de simulação computacional. Como parte do Projeto 6 Cidades, a dissertação de mestrado de Pedrini (1997) explorou uma metodologia de calibração dos modelos de simulação computacional. Visando à análise energética de um edifício público através de simulação no DOE-2.1E, Pedrini desenvolveu a calibração do modelo em três etapas com níveis distintos de detalhamento, salientando a influência da caracterização correta do padrão de uso de um prédio de escritórios na sua análise energética. A mesma metodologia foi aplicada aos demais edifícios analisados dentro do escopo do Projeto 6 Cidades (PEDRINI et al., 2002).

Em um seminário promovido pela ABRAVA, projetistas de sistemas de condicionamento de ar identificaram o potencial dos programas de simulação horária para o desenvolvimento de projetos energeticamente eficientes. Entretanto, devido à complexidade das ferramentas existentes, alguns escritórios ainda utilizavam programas simplificados produzidos por fabricantes de equipamentos, como o E20, da Carrier, e o CDS, da Trane. Outros projetistas utilizavam suas próprias planilhas eletrônicas, desenvolvidas para estimativa de carga térmica em edificações. Nessa época, o clima era

representado por um dia típico e não se adotava a simulação horária de anos climáticos inteiros.

Com apoio do Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas de Santa Catarina (Sebrae/SC), em 1999, o LabEEE iniciou o desenvolvimento do programa E2, que permite o diagnóstico energético de edificações comerciais, por meio da análise das tarifas de energia, sistemas de iluminação e condicionamento de ar, motores elétricos, alternativas de microgeração e cogeração de energia. O módulo que permite a análise tarifária de energia para edificações comerciais e o módulo para análise e projeto de sistemas de iluminação artificial foram distribuídos em 2003. A ferramenta de projeto de iluminação é inédita no país, ao reunir equipamentos (lâmpadas, luminárias e reatores) de diferentes fabricantes nacionais. O programa continua em desenvolvimento, incorporando-se novos equipamentos à base de dados e acoplando-se um algoritmo para aplicação do Método Ponto-a-ponto, e permite a visualização das curvas isolux nos ambientes (MARINOSKI et al., 2001, 2003).

Para permitir a utilização do programa em diversas regiões do país, a estimativa de consumo de energia mensal da edificação é feita a partir de dados climáticos simplificados, disponíveis nas Normais Climatológicas para mais de 200 cidades brasileiras (WESTPHAL, 2002; WESTPHAL et al., 2002; WESTPHAL; LAMBERTS, 2003, 2004). Em 2003 o LabEEE iniciou o desenvolvimento de uma interface simplificada para o programa EnergyPlus, como parte integrante do pacote E2.

Outras ferramentas específicas para a simulação de componentes e processos foram desenvolvidas no LabEEE. Em sua tese de doutorado, Mendes (1997) desenvolveu um método para simulação da transferência de calor e umidade em elementos porosos de uma edificação. A programação do algoritmo em ambiente Windows originou o programa UMIDUS (MENDES et al., 1999). Na tese de doutorado de Silva (2004), foi desenvolvido um algoritmo para simulação de resfriamento evaporativo por microaspersão d'água. Utilizou-se um modelo unidimensional de vaporização de spray que pode facilmente ser utilizado em simulação de desempenho térmico de edificações.

O uso de ferramentas de simulação esteve presente em outras pesquisas de pós-graduação desenvolvidas no LabEEE. Utilizando o programa VisualDOE, Pietrobon (1999) estimou a economia de energia obtida através de sombreamento externo em edifícios escolares.

Signor (1999), na sua dissertação de mestrado, desenvolveu uma correlação para estimar o consumo de energia elétrica como função de dez variáveis arquitetônicas para 14 climas brasileiros. Mais de 7.000 simulações paramétricas foram realizadas e análise de regressão foi utilizada para obter equações para estimativa do consumo de edificações (SIGNOR et al., 2001). Esse conjunto de equações foi um dos pontos de partida para o desenvolvimento dos padrões de eficiência energética para edificações comerciais no Brasil, que já estão sendo implementados nos códigos de obra das cidades de Salvador e Recife (CARLO et al., 2003a, 2003b, 2003c).

Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) - LabCon

O LabCon foi estabelecido no Departamento de Arquitetura da UFSC em 1993. Até 2003, 12 dissertações de mestrado e uma tese de doutorado tinham sido concluídas no laboratório com foco voltado para a simulação de iluminação natural em ambientes, utilizando os programas Radiance, LightEscape e LumenMicro.

O objetivo principal do LabCon tem sido a avaliação do potencial da iluminação natural para melhoramento da percepção espacial, qualidade de vida e economia de energia elétrica no ambiente construído. Souza (1995) e Bogo (1996) estudaram o impacto do uso de iluminação natural no consumo de energia, utilizando o programa DOE-2.1E em suas simulações. Almeida (1995), Goulart (1997) e Pegas (1998) direcionaram suas pesquisas sobre percepção visual e interação entre usuário e espaço, com Pereira (2001) dando um passo inicial na caracterização fotométrica da iluminação espacial. Souza (1997), Cabús (1997), Amaral (1999), Zeilmann (1999) e Grazziano Jr. (2000) trabalharam em simulações paramétricas para analisar o impacto das variáveis de projeto no uso da iluminação natural. Claro (1998) desenvolveu uma metodologia para implementação de algoritmo de radiosidade em um código computacional para cálculo de iluminação natural.

Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) - NRVA

Em 1986, logo após a conclusão da tese de doutoramento de Melo (1985), quatro professores do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) uniram esforços para estabelecer um novo grupo

de pesquisa: NRVA (www.nrva.ufsc.br). Inicialmente, os trabalhos foram conduzidos em modelagem de trocas de calor por convecção (MELO, 1986a, 1986b) e infiltração de ar (MELO, 1987a, 1987b). Posteriormente, o grupo contribuiu com o desenvolvimento de formulação para cálculo de fatores de forma para áticos (HOAYS; MELO, 1990) e modelagem de radiação solar para dias nublados (RZATKI; MELO, 1993). Desde 1990, o NRVA tem desenvolvido pesquisas na simulação de sistemas de condicionamento de ar (MARQUES; MELO, 1990, 1993; NEGRÃO; MELO, 1992) e modelagem de evaporadores de ventilação forçada (SOUZA; MELO, 1996). Entre 1997 e 1999, alguns artigos sobre integração de sistemas de climatização e simulação térmica de edificações foram publicados (CORREA et al., 1997, 1999). Adicionalmente, trabalhos sobre integração de modelos de fluxo de ar de diferentes resoluções (NEGRÃO, 1997) e estimativa de índices de conforto térmico (CARVALHO et al., 1999) também foram realizados. O grupo usou o código NBSLD na segunda metade da década de 80 e os programas HVACSIM e ESP-r nos anos 90.

Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) - Sinmec

Desde 1980, no Laboratório de Simulação Numérica em Mecânica dos Fluidos e Transferência de Calor (Sinmec – www.sinmec.ufsc.br), professores e uma equipe de estudantes de graduação e pós-graduação vêm desenvolvendo estratégias e métodos para solução de problemas de engenharia que lidam com dinâmica dos fluidos e transferência de calor e de massa. Entre diversos tópicos de pesquisa, os pesquisadores do Sinmec têm trabalhado com modelagem e simulação de escoamentos associados a problemas ambientais. No congresso da IBPSA, realizado em 2001, Maliska (2001) foi convidado para a plenária de abertura e apresentou questões sobre a integração de Dinâmica dos Fluidos Computacional (CFD) à simulação térmica e energética de edificações.

Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR) - LST

Mendes (1997), durante seu doutoramento em colaboração com a UFSC e o Grupo de Pesquisa em Simulação do Lawrence Berkeley National Laboratory (LBNL), na Califórnia, EUA, desenvolveu modelos matemáticos para estimar propriedades higrotérmicas dos materiais e

predizer a transferência de calor e de umidade em materiais porosos, além de elaborar a versão para DOS do programa UMIDUS (MENDES et al., 1996; MENDES, 1997). Em 1998, um novo laboratório para refrigeração, sistemas de condicionamento de ar e pesquisa em simulação higrotérmica e energética de edificações, chamado Laboratório de Sistemas Térmicos (LST, www.pucpr.br/lst), foi estabelecido na Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR), que desenvolveu, em cooperação com o LabEEE/UFSC, o software UMIDUS 2.0 para Windows (MENDES et al., 1999), o qual faz parte do diretório de programas organizado pelo departamento de energia americano – DOE (http://www.eere.energy.gov/buildings/tools_directory/software/umidus.htm). Adicionalmente, em colaboração com a UFSC, desenvolveu-se um novo método para resolver equações acopladas de transferência de calor e umidade em materiais porosos usados em edificações (MENDES et al., 2002, 2003a).

Como continuidade ao trabalho de Mendes (1997) e ao desenvolvimento do código UMIDUS, tem-se trabalhado no desenvolvimento de um programa voltado à simulação higrotérmica e energética de edificações chamado DOMUS (MENDES et al., 2001a, 2003b; RODE et al., 2004), o qual tem como foco principal o desenvolvimento de uma interface apropriada para investigação de alternativas de estratégias de resfriamento passivo e de efeitos da umidade na performance de uma edificação. Adicionalmente, alguns estudos têm sido realizados visando ao aperfeiçoamento dos modelos para o cálculo de perfis de temperatura e de conteúdo de umidade, tais como o aperfeiçoamento do algoritmo de cálculo computacional dos códigos do UMIDUS e DOMUS (MENDES; PHILIPPI, 2004a) e para inclusão do fenômeno de descontinuidade no perfil de conteúdo de umidade em paredes compostas (MENDES; PHILIPPI, 2004b).

Empregando também uma plataforma de simulação modular, denominada SPARK (Simulation Program Analysis and Research Kernel) (SOWEL; HAVES, 2001), Mendonça (2004) desenvolveu em seu doutoramento na Universidade de La Rochelle na França uma biblioteca de modelos para descrever o comportamento higrotérmico e energético de um ambiente condicionado, segundo a abordagem zonal. Nessa abordagem, o ambiente em estudo é dividido em um número reduzido de subvolumes (zonas), nos quais as variáveis de estado do ar, com exceção da pressão, que varia hidrosticamente, são consideradas uniformes. Dessa forma, os modelos zonais permitem obter

informações acerca dos campos das variáveis do ar ambiente – o que não é possível por meio da tradicional modelagem global – e são úteis na análise do conforto térmico do ambiente. Mendonça contribuiu também para o desenvolvimento do código computacional SimSPARK (MORA et al., 2003) do Laboratoire d'Etude des Phénomènes de Transferts Appliqués au Bâtiment (LEPTAB) da Universidade de La Rochelle, cuja finalidade é gerar automaticamente a simulação zonal de um local, na plataforma SPARK. Em sua biblioteca de modelos, o código SimSPARK possui diferentes modelos para caracterizar a transferência de calor e de umidade através do envoltório do ambiente construído, dos quais dois levam em conta a adsorção e a dessorção de umidade pelo material de construção do envelope da edificação.

Estudos da influência da transferência de calor e de umidade em solos no comportamento térmico de edificações foram realizados por Santos e Mendes (2004a, 2004b, 2004c). Esses estudos levaram ao desenvolvimento do programa SOLUM (SANTOS; MENDES, 2003; SANTOS et al., 2003), que permite a simulação da transferência tridimensional de calor e de umidade em solos sob diferentes condições de contorno. Futuramente, pretende-se integrar os programas DOMUS e SOLUM, sendo o tempo computacional o maior desafio desse acoplamento, pensando-se em simulação higrótérmica e energética de edificações. No entanto, em edificações baixas, sobretudo quando o piso é mal isolado, a interação com o solo é importante para o cálculo de conforto térmico, consumo e demanda de energia e problemas relacionados à umidade, tais como crescimento de fungos e mofo, deterioração de materiais e de acabamento superficial, com conseqüente redução da qualidade de ar interno.

Um aperfeiçoamento do programa DOMUS levou ao desenvolvimento de uma versão profissional denominada PowerDOMUS, que incorporou modelos para simulação de sistemas de climatização e áticos, entre outras modificações tais como a visualização da cinemática solar e de sombreamento entre edificações. Santos et al. (2004) realizaram estudos comparativos entre o programa brasileiro PowerDOMUS e o americano VisualDOE, constatando boa concordância entre os resultados quando a transferência de umidade através da envolvente da edificação pode ser desconsiderada. Crawley et al. (2005) apresentam uma análise comparativa entre diferentes programas de simulação, entre os quais figura o PowerDOMUS.

Visando ainda contribuir com o estudo de redução de consumo de energia em edificações e o aprimoramento contínuo desses programas de simulação, alguns trabalhos na área de climatização também vêm sendo realizados no âmbito da pesquisa do LST. Cherem-Pereira (2003) desenvolveu modelos para simulação de condicionadores de ar de janela, integrando-os com o programa DOMUS (CHEREM-PEREIRA; MENDES, 2003, 2004). Barbosa e Mendes (2003) e Novak et al. (2004) elaboraram modelos para simulação em regime transiente de sistemas secundários, integrando-os a sistemas primários (*chiller*, torre de arrefecimento e termoacumuladores) através de modelos quase-estáticos que utilizam equações de regressão, como os utilizados nos programas americanos EnergyPlus, DOE-2 e BLAST. Para dar apoio a esse tema de pesquisa do laboratório, conta-se atualmente com o apoio da Eletrobrás/Procel na construção de um calorímetro para ensaio de condicionadores de ar do tipo janela e split. Na mesma linha de simulação de equipamentos, pode-se citar o desenvolvimento dos programas HVAC-LST e SimRefri (REIS et al., 2004), que, além de simular o desempenho termoenergético de refrigeradores em regime transiente, estimam o calor trocado com ambientes através do condensador para cada passo de tempo de simulação. O calor liberado pelo condensador pode ser considerado como um ganho interno variável no programa DOMUS.

Desde 1999, trabalhos em conjunto com o Laboratório de Automação e Sistemas (LAS), da PUCPR, vêm sendo feitos também com a finalidade de integração das áreas de ciências térmicas e processos de controle, usando MATLAB/SIMULINK (MENDES et al., 2000, 2001, 2002, 2003b; ARAÚJO et al., 2003; OLIVEIRA et al., 2003a, 2003b). Como resultado dessa colaboração, deve-se citar o desenvolvimento do programa Análise de Sistemas Térmicos e de Estratégias de Controle em Condicionamento de Ambientes (Astecca) (ARAÚJO et al., 2004).

Recentemente, o grupo iniciou um trabalho junto à International Energy Agency (IEA) para auxiliar na formação do Anexo 41 (<http://www.kuleuven.ac.be/bwf/projects/annex41/>) – intitulado Whole-Building Heat, Air And Moisture Response (Moist-Eng) – em colaboração com instituições de 19 países, coordenado pelo Prof. Hugo Hens, da Universidade Católica de Leuven, Bélgica (HENS, 2003). Espera-se como fruto desse trabalho a intervalidação de programas capazes de simular a transferência combinada de calor e

de umidade em edificações tais como PowerDOMUS, SimSPARK, BSIM, EnergyPlus e WUFI+, permitindo analisar os efeitos da umidade no consumo e demanda de energia em edificações, além do impacto na qualidade de ar interno e na durabilidade de materiais.

Essa atuação progressiva em simulação higrotérmica de edificações fez com que o grupo fosse citado em um projeto de países escandinavos ao NORDTEST (órgão de fomento para testes e normalização nos países nórdicos) (RODE, 2004) como um grupo de referência na área de simulação higrotérmica de ambientes e de materiais de edificações.

Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)

Na Universidade Federal do Rio Grande do Sul, dois grupos envolveram-se com simulação térmica de edificações: o grupo de energia solar e o Núcleo Orientado à Inovação da Edificação (NORIE). O grupo de energia solar começou trabalhando com simulação no desenvolvimento de um modelo matemático, através de diferenças finitas, para análise de uma alternativa de arquitetura solar passiva (VIELMO, 1981; CORBELLA et al., 1982). Posteriormente, o grupo passou a utilizar o programa TRNSYS para estudos desse tipo.

O grupo de pesquisa em construção trabalhava exclusivamente com física das edificações (LAMBERTS, 1983) e desenvolvimento de ferramentas computacionais. Sattler (1986) desenvolveu o programa THEDES, para análise de desempenho térmico de ambientes, baseado no método da admitância do Building Research Establishment (BRE), Reino Unido.

A partir das pesquisas em energia solar, formou-se o Grupo de Estudos Térmicos e Energéticos (Geste) logo após o doutoramento de Schneider (1994). Desde então, este grupo tem estado envolvido no desenvolvimento de programas de simulação de fenômenos e processos envolvendo transferência de calor, massa e mecânica dos fluidos (SCHNEIDER et al., 1994a, 1994b; SCHNEIDER, 1995a, 1995b, 1995c; SCHNEIDER; KÜHN, 1997; PERES et al., 2001).

Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT)

Desde 1976, o Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) possui um grupo de pesquisadores trabalhando na avaliação de

desempenho térmico de edificações. Em 1980, o grupo começou a utilizar o programa NBSLD em um computador do tipo *mainframe*. Durante a década de 80, este programa foi usado como ferramenta para avaliação de desempenho térmico de edificações não condicionadas. Em 1996, o programa foi adaptado para ser executado em um microcomputador (PC) e muitas modificações nas rotinas foram introduzidas. Essas modificações incluem determinação da umidade interna em edificações não climatizadas, melhoramento na determinação do fator de resposta para reduzir o tempo de cálculo, determinação de coeficientes de transferência de calor por convecção interna como função da diferença de temperatura entre o ar e a superfície interna, e emissividade variável em superfícies.

Desenvolvendo atividades conjuntas com a Escola Politécnica da USP, o IPT vem desenvolvendo a avaliação e a validação de ferramentas computacionais, utilizando os programas BLAST, ENERGYPLUS e ESP-r. O projeto faz parte do Programa de Tecnologia da Habitação (Habitare), financiado pela Caixa Econômica Federal (CEF) e pela Financiadora de Estudos e Projetos (Finep), do Ministério de Ciência e Tecnologia.

Escola Politécnica da USP - GREAC

O Grupo de Pesquisa de Refrigeração, Ar Condicionado e Conforto Térmico, do Departamento de Engenharia Mecânica da Escola Politécnica da USP (Greac/Epusp), iniciou suas atividades em 1998 e desenvolve trabalhos na avaliação experimental e modelagem de sistemas de refrigeração, condicionamento de ar e seus componentes, e na avaliação da eficiência térmica de edificações. Este grupo tem desenvolvido trabalhos conjuntos com o IPT na avaliação e validação de códigos computacionais para a simulação de edifícios, utilizando os programas BLAST, ENERGYPLUS e ESP-r, desde 1994 (TRIBESS et al., 1997, 1998, 1999; HERNANDEZ NETO et al., 2001).

Além disso, o Greac/Epusp atua na elaboração de metodologias para o diagnóstico energético de edificações com condicionamento de ar visando à redução do consumo de energia sem prejuízo das condições de conforto térmico (HERNANDEZ NETO et al., 2003).

Universidade Federal de Alagoas (UFAL)

O Grupo de Estudos em Conforto Ambiental (Geca), da Universidade Federal de Alagoas, tem utilizado ferramentas de simulação para a análise da contribuição de luz natural em edificações com o programa LUMENMICRO (BITTENCOURT et al., 2003) e simulação da ventilação natural em edificações, através de CFD, usando o programa PHOENICS (PEIXOTO; BITTENCOURT, 2003).

Além dessas ferramentas, o grupo de pesquisa desenvolve programas para auxiliar no projeto bioclimático de edificações. O programa TropLux foi desenvolvido para estimar a contribuição de luz natural em ambientes, aplicando o método Monte Carlo, com *raytracing* e coeficientes de luz diurna (*daylighting coefficients*). O programa permite o uso de geometria complexa, a definição da distribuição de luminâncias do céu, o estudo da luz refletida no solo e permite ainda configurar os materiais com reflexão e transmissão difusa, especular e mista. Além do TropLux, foi desenvolvido também o programa TropSolar, para cálculo de geometria solar. O código gera a carta solar, equação do tempo e transferidor de ângulos, além de calcular o nascer e o pôr-do-sol, crepúsculos civil, náutico e astronômico. Para gerar máscaras de sombra foi desenvolvido o programa TropMask.

Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) - Proarq/FAU

A partir de 1988, no Programa de Pós-Graduação em Arquitetura (Proarq), da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), começou a ser utilizado o programa computacional francês CASAMO-CLIM, desenvolvido pela École des Mines de Paris, para fins didáticos e de pesquisa (Projeto Capes/Cofecub). Além dessa ferramenta, utiliza-se o programa F-CHART para dimensionamento de coletores solares e cálculos de carga térmica sobre fachadas, mais outros programas desenvolvidos no exterior, como CLA e CLACA (análise da trajetória solar); COMFORT e COMFORT BERK (cálculo de índices de conforto térmico); DAYLIGHT (programa norte-americano para cálculo de fator de luz diurna); BRISE (programa inglês para cálculo de renovações de ar); CPCALC (programa italiano para cálculo de pressões de vento sobre fachadas); e LESOCOOL (programa suíço para avaliação dos efeitos da ventilação). Todas essas ferramentas foram adotadas e

testadas em dissertações de mestrado desenvolvidas na Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da UFRJ (BARROSO-KRAUSE, 1990; STANGENHAUS, 1992; FIGUEIREDO, 1992; KRÜGER, 1993; MUNIZ, 1994; TEIXEIRA FILHO, 1995; OSÓRIO, 1999). Outros trabalhos de mestrado originaram novos programas computacionais, como o desenvolvido por Góes (1993) para cálculo do fator de transparência das formas básicas de *brise-soleils*, e os programas desenvolvidos por Castanheira (2001) para cálculo de insolação em fachadas e telhados.

Em 2003, o programa francês CODIBA, exigido pela norma francesa para a validação do conforto térmico em construções, foi experimentado demonstrando-se não aplicável para o hemisfério Sul. Atualmente, utiliza-se o programa ENERGYPLUS, para o qual são encontradas as mesmas dificuldades relatadas pelos demais grupos de usuários, ou seja, a falta de interface amigável.

Universidade Federal do Paraná (UFPR) - CESEC

Em 1999, por solicitação do Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba (IPPUC), na época avaliando a nova Lei de Zoneamento (promulgada em 2001), o Laboratório de Conforto Ambiental da UFPR analisou seus prováveis impactos sobre a insolação e a iluminação natural em apartamentos. Utilizou-se implementação própria de *raytracing* em linguagem C++ (SCHMID, 2001a).

O desenvolvimento dos próprios códigos tem provido consistência à atividade de pesquisa e ao ensino de graduação, em que a simulação do desempenho térmico é utilizada em projetos elementares (como o de uma banca de jornais), também analisados em modelos reduzidos num simulador de trajetória solar. O sistema empregado para modelagem de sólidos e análise de edificações em múltiplas zonas foi desenvolvido em linguagem Java e tem como característica sua portabilidade (SCHMID, 2001b; SCHMID et al., 2001).

Com base na mesma modelagem de sólidos, foi desenvolvido um sistema de simulação da propagação da luz usando-se algoritmos de radiosidade e *raytracing*. Os primeiros resultados aplicados ao contexto urbano (iluminação pública) são apresentados por Schmid (2002). A pesquisa prossegue com o objetivo de integrar ambientes de aprendizagem sobre a otimização de luminárias e aproveitamento da luz natural.

Considerações finais e projeções para o futuro

O uso de simulação de edificações no Brasil ainda está concentrado nas instituições de ensino e pesquisa, com pouca transferência da tecnologia para o setor privado. O mesmo padrão de comportamento é verificado nos demais países, com exceção da Alemanha, onde escritórios de projeto vêm se destacando com a aplicação de ferramentas de simulação no desenvolvimento de edificações com alto nível de eficiência energética. A complexidade das ferramentas existentes e a falta de programas nacionais são as principais causas da fraca disseminação desse tipo de tecnologia no Brasil.

Algumas iniciativas já foram tomadas para popularizar o uso de simulação computacional. Como exemplo, cita-se o desenvolvimento do programa DOMUS, pelo LST/PUCPR, com interface amigável para analisar alternativas de estratégias de resfriamento passivo e de efeitos da umidade na performance de uma edificação. O LabEEE/UFSC iniciou o desenvolvimento de uma interface gráfica simplificada para o programa EnergyPlus, que já está sendo utilizada no curso de pós-graduação da UFSC.

Várias pesquisas foram desenvolvidas para promover o uso da simulação no país, através da adaptação de ferramentas internacionais ao panorama brasileiro e da elaboração de programas nacionais e metodologias para orientar os usuários na modelagem de edificações. A evolução da tecnologia de simulação nos últimos 30 anos resultou em códigos complexos e mais abrangentes. As interfaces acompanharam a mesma linha de desenvolvimento e estão cada vez mais detalhadas, o que exige grande quantidade de dados de entrada para a caracterização de modelos virtuais.

Para promover o projeto de edificações e sistemas mais eficientes, o país necessita de normas para regularização do setor. A aplicação de normas só será possível mediante a utilização de programas de simulação para determinar indicadores de consumo e analisar projetos submetidos aos critérios de avaliação. O Grupo de Trabalho em Edificações (GT-Edifica) da Eletrobrás/Procel, juntamente com o Ministério de Minas e Energia, está coordenando o projeto de pesquisa para estabelecer esses indicadores de eficiência energética em edificações. O trabalho será realizado pelo LabEEE/UFSC por meio de simulações de protótipos no programa EnergyPlus.

Para disseminar o uso da simulação nos escritórios é imprescindível a elaboração de interfaces simplificadas, que reduzam o tempo gasto na modelagem e análise de diferentes alternativas ainda na etapa de anteprojeto, na qual são assumidos os conceitos principais, que poderão sofrer poucas alterações no decorrer do projeto. Programas mais recentes já adotam níveis diferentes de interface, de acordo com a etapa do projeto à qual a simulação está sendo aplicada.

Com o desenvolvimento de legislação que estabeleça padrões de eficiência energética para edificações no Brasil, há tendência para o desenvolvimento de ferramentas computacionais de apoio à norma. Programas deverão ser desenvolvidos e adaptados para atender às etapas de projeto arquitetônico, elétrico e de ar condicionado, além de permitir análise de alternativas de *retrofit* e comissionamento das medidas projetadas por meio de simulação. Diferentes níveis de eficiência energética e custos de construção poderão ser analisados através de simulação computacional e servir de apoio na tomada de decisão.

Referências bibliográficas

ABREU, P. F. **Um modelo para a simulação do comportamento térmico de edificações.** Originalmente apresentado como Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, 1986.

ARAÚJO H. X.; MENDES N.; OLIVEIRA G. H. C.; COELHO L. S.; A MATLAB-Based Simulation Tool for Analysis of Hygrothermal Performance and HVAC Control Strategies. **Journal of Thermal Envelope and Building Science**, 2004.

ARAÚJO, H. X.; OLIVEIRA, G. H. C.; MENDES, N.; COELHO, L. S. Ambiente para simulação de sistemas de controle em edificações - Parte 1: descrição funcional. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 7., 2003, Curitiba. **Anais...** Curitiba: ANTAC, 2003.

BARBOSA, R. M.; MENDES N. Dynamic Simulation of Fan-Coil Systems. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF MECHANICAL ENGINEERING, 17., 2003, São Paulo. **Proceedings...** São Paulo: ABCM, 2003. v. 1, p. 1-10.

BARROSO-KRAUSE, C. M. L. **Coberturas, conforto hidrotérmico, edificações: ponderações e propostas para clima tropical**

úmido em situação de verão. Originalmente apresentado como Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1990.

BIAGE, M.; PHILIPPI, P. C. Transferência simultânea de calor e massa em processos de convecção natural em dutos verticais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA MECÂNICA, 8., 1985, São José dos Campos. **Anais...** São José dos Campos: ABCM, 1985. p. 89-92.

BITTENCOURT, L. S.; CÂNDIDO, C. M.; OLIVEIRA, J. Arquitetura e sustentabilidade: um templo ecumênico para o hospital universitário da UFAL. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 7., 2003, Curitiba. **Anais...** Curitiba: ANTAC, 2003. p. 169-176.

BRASIL. Decreto nº 4.059, de 19 de dezembro de 2001. Regulamenta a Lei nº 10.295, de 17 de outubro de 2001, que dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 20 dezembro 2001. Seção 1, p. 5, v. 138, n. 242.

BRASIL. Lei nº 10.295, de 17 de outubro de 2001. Dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 18 outubro 2001. Seção 1, p. 1, v. 138, n. 200.

BUENO, A. D.; PHILIPPI, P. C.; LAMBERTS, R. Influence of Water Vapour Sorption on the Thermal Behaviour of Mortar Samples. In: THE BRITISH MASONRY SOCIETY. **Proceedings...** 1994. v. 6, p. 52-54.

BULLA, L. A. **Parametrização do desenho térmico-energético de edifícios comerciais em Florianópolis**. 1995. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1995.

CARLO, J. C.; GHISI, E.; LAMBERTS, R. The use of computer simulation to establish energy efficiency parameters for a building code of a city in Brazil. In: INTERNATIONAL IBPSA CONFERENCE (BUILDING SIMULATION), 8., 2003, Eindhoven. **Proceedings...** Eindhoven: IBPSA, 2003. v. 1, p. 131-138.

CARLO, J.; GHISI, E.; LAMBERTS, R.; MASCARENHAS, A. Eficiência energética no Código de Obras de Salvador. In: ENCONTRO

NACIONAL SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 7., 2003, Curitiba. **Anais...** Curitiba: ANTAC, 2003. p. 995-1001.

CARLO, J.; LAMBERTS, R.; GHISI, E. Energy efficiency Building Code of Salvador, Brazil. In: CONFERENCE ON PASSIVE LOW ENERGY ARCHITECTURE, 20., 2003, Santiago, Chile. **Proceedings...** Santiago: PLEA, 2003. CD-ROM.

CARVALHO FILHO, C. O.; NEGRÃO, C. O. R.; MELO, C. Numerical Analysis of Human Thermal Comfort Inside Occupied Spaces. In: INTERNATIONAL IBPSA CONFERENCE (BUILDING SIMULATION), 6, 1999, Kyoto. **Proceedings...** Kyoto, Japão: IBPSA, 1999. v. 1, p. 361-368.

CASTANHEIRA, R. G. **Radiação solar incidente em planos inclinados, fachadas e telhados no Rio de Janeiro**, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2001

CHEREM-PEREIRA, G. C.; MENDES, N. room air conditioners: determination of empirical correlations for predicting building energy consumption. In: INTERNATIONAL IBPSA CONFERENCE (BUILDING SIMULATION), 8., 2003, Eindhoven, Holanda. **Proceedings...** Eindhoven: IBPSA, 2003.

CHEREM-PEREIRA, G.; MENDES, N. Empirical modelling of direct-expansion air conditioners for building energy efficiency analyses (submitted). **International Journal of Refrigeration**, 2004.

CORBELLA, O. D.; VIELMO, H. A.; KEPPELER, R. O. Edifício solar para el Laboratorio de Energía Solar de la UFRGS. In: REUNION DE ASADES Y SIMPOSIO LATINOAMERICANO DE ENERGIA SOLAR, 5., 1982, Rosario. Memorias de la V Reunión de ASADES y Simposio Latinoamericano de Energía Solar. **Anais...** ROSARIO, ARGENTINA: ASADES-UNR, 1982.

CORREA, J. E.; NEGRÃO, C. O. R.; MELO, C. Integrated Performance of Building and HVAC Systems. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA MECÂNICA, 14., 1997, Bauru. **Anais...** Bauru: ABCM, 1997. CD-ROM.

CORREA, J. E.; NEGRÃO, C. O. R.; MELO, C. Semi-empirical model of a cabinet air conditioner to simulate the integrated performance of buildings and HVAC Systems. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA MECÂNICA, 15., 1999, Águas de Lindóia. **Anais...** [S.l.]: ABCM, 1999.

CRAWLEY, D. B.; HAND, J. W.; KUMMERT, M.; GRIFFITH, B. T. Contrasting the capabilities of building energy performance simulation programs. In: INTERNATIONAL IBPSA CONFERENCE (BUILDING SIMULATION), 8., 2005, Montreal, Canada. **Proceedings...** Montreal: IBPSA, 2005. (*in press*).

CUNHA NETO, J. A. B.; DAIAN, J. F. Determinação experimental das propriedades de transporte de umidade em presença de um gradiente térmico em meio poroso. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA MECÂNICA, 12., 1993, Brasília. **Anais...** Brasília: ABCM, 1993. p. 997-1000.

CUNHA NETO, J. A. B.; PHILIPPI, P. C.; NICOLAU, V. P.; PEREIRA, F. O. R. Análise experimental do desempenho térmico de coberturas ventiladas. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS TÉRMICAS, 2., 1988, Águas de Lindóia. **Anais...** [S.l.]: ABCM, 1988. p. 359-362.

FERNANDES, C. P. **Contribuição ao estudo da migração da água em materiais porosos consolidados**: análise de uma argamassa de cal. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1990.

FERNANDES, C. P.; PHILIPPI, P. C.; NICOLAU, V. P.; PEDRINI, A. Influência do conteúdo de umidade sobre a condutividade térmica aparente de materiais porosos. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 1., 1990, Gramado. **Anais...** [S.l.]: ANTAC, 1990. p. 79-82.

FERNANDES, C. P.; PHILIPPI, P. C.; PEDRINI, A.; BRINCAS, C. R. A. Estudo dos processos de condensação e evaporação na condição de equilíbrio higrotérmico em meios porosos consolidados. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS TÉRMICAS, 3., 1990, Itapema. **Anais...** [S.l.]: ABCM, 1990. p. 619-624.

FERNANDES, C. P.; PHILIPPI, P. C.; PEDRINI, A.; BRINCAS, C. R. Contribuição ao estudo da migração da água em materiais porosos consolidados: análise de uma argamassa de cal e cimento. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA MECÂNICA, 10., 1989, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: ABCM, 1989. p. 557-560.

FIGUEIREDO, L. F. M. **Análise crítica das recomendações do Código de Obras de**

Município do Rio de Janeiro segundo a questão da iluminação natural nos interiores residenciais. Originalmente apresentado como Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1992.

GOES, C. A. **Considerações sobre brise-soleils e proposta de cálculo de radiação solar sobre brise e janela**. Originalmente apresentado como Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1993.

GOULART, S. V. G. **Dados climáticos para avaliação de desempenho térmico de edificações em Florianópolis**. Originalmente apresentado como Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, 1993.

GOULART, S. V. G.; LAMBERTS, R.; FIRMINO, S. **Dados climáticos de 14 cidades brasileiras**: para projeto e avaliação de sistemas de ar condicionado. São Paulo, SP: RPA, 1998. 207 p. (Coleção ABRAVA).

GOULART, S. V. G.; LAMBERTS, R.; FIRMINO, S. **Dados climáticos para projeto e avaliação energética de edificações para 14 cidades brasileiras**. Florianópolis, SC: NPC/UFSC, 1997. 345 p. Capa: Luciano Dutra.

GUIMARÃES, G.; PHILIPPI, P. C.; BITENCOURT, E. T. On optimizing the estimation of thermophysical properties. **Revista Brasileira de Ciências Mecânicas**, v. 19, n. 1, p. 15-29, 1997.

GUIMARÃES, G.; PHILIPPI, P. C.; THERY, P. Use of parameters estimation method in the frequency domain for the simultaneous estimation of the thermal diffusivity and conductivity. **Sci. Inst.**, EUA, v. 66, n. 3, p. 2582-2588, 1995.

GÜTHS, S. **Um método transiente para a medição de propriedades térmicas**. Originalmente apresentado como Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, 1990.

GUTHS, S.; PHILIPPI, P. C.; NICOLAU, V. P.; LAMBERTS, R. Análise da influência das dimensões dos transdutores de fluxo de calor em um dispositivo de medição das propriedades térmicas. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS TÉRMICAS, 3., 1990, Itapema. **Anais...** [S.l.]: ABCM, 1990. p. 439-442.

HENS, H. **Proposal for a new IEA annex**. Whole building heat, air and moisture response (MOIST-ENG). Katholieke Universiteit Leuven, Belgium, 2003.

- HERNANDEZ NETO, A.; TRIBESS, A.; FIORELLI, F. A. S. Evaluation of thermal performance index for air conditioned commercial buildings. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF MECHANICAL ENGINEERING, 17., São Paulo, 2003. **Proceedings...** São Paulo, 2003.
- HERNANDEZ NETO, A.; TRIBESS, A.; VITTORINO, F. Evaluation of simulation software non-conditioned houses. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA MECÂNICA, 16., 2001, Uberlândia. **Anais...** Rio de Janeiro, RJ, 2001.
- HOAYS, H. S.; MELO, C. Fattic: a generalized program for the evaluation of attic view factors. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA E CIÊNCIAS TÉRMICAS, 3., 1990, Itapema. **Anais...** [S.l.]: ABCM, 1990. p. 967-971.
- JANDA, K. B.; BUSH, J. F. World-wide status of energy standards for buildings. **Energy**, Londres: Pergamon, v. 19, n. 1, p. 27-44, 1994.
- KRÜGER, E. L. **Ventilação de áticos como instrumento de conservação de energia em edificações**: análise comparativa de respostas de programas de simulação térmica de ambientes. Originalmente apresentado como Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1993.
- LAMBERTS, R. **Desempenho térmico de coberturas leves com ático**: bancada de testes e modelo matemático. Originalmente apresentado como Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1983.
- LAMBERTS, R.; WESTPHAL, F. S. Energy Efficiency in Buildings in Brazil. In: CIB SYMPOSIUM ON CONSTRUCTION & ENVIRONMENT - THEORY INTO PRACTICE, 2000, São Paulo. **Proceedings...** São Paulo: [s.n.], 2000. v. 1, p.1-8.
- LAMBERTS, R.; GÓMEZ, L. A. Calibração de modelos para a simulação do consumo energético de edificações. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE PRODUÇÃO E TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA, 13., 1995, Camboriú. **Anais...** [S.l.]: [s.n.], 1995. p. 1-4.
- LAMBERTS, R.; THOMÉ, M. R. V.; LOMARDO, L.; MASCARENHAS, A. C. Retrofit. Demonstration in Brazilian Commercial and Public Buildings In: 1998 ACEEE SUMMER STUDY ON ENERGY EFFICIENCY IN BUILDINGS, 1998, Monterey, Califórnia, USA. **Proceedings...** Berkeley: ACEEE, 1998. v. 5, p. 227-238.
- MALISKA, C. R. Issues on the integration of CFG to building simulation tools. In: INTERNATIONAL IBPSA CONFERENCE (BUILDING SIMULATION), 7., 2001, Rio de Janeiro. **Proceedings...** Rio de Janeiro: IBPSA, 2001. v. 1, p. 1373-1380.
- MARINOSKI, D. L.; MORETTI, R. S.; WESTPHAL, F. S.; LAMBERTS, R. Desenvolvimento de uma metodologia para interpolação de valores de intensidade luminosa aplicada ao cálculo da iluminância através do Método Ponto-a-ponto. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 6., 2001, São Pedro. **Anais...** São Paulo: ANTAC, 2001. CD-ROM.
- MARINOSKI, D. L.; WESTPHAL, F. S.; LAMBERTS, R. Desenvolvimento de um algoritmo de cálculo luminotécnico para ambientes internos através do método ponto-a-ponto In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 7., 2003, Curitiba. **Anais...** Curitiba: ANTAC, 2003. p. 1066-1073.
- MARQUES, M. E.; Melo, C. Assessing the capability of the HPSIM Program to simulate room air conditioners. **ASHRAE Transactions**, USA, v. 99, n. 2, p. 309-316, 1993.
- MARQUES, M. E.; MELO, C. Performance analysis of HPSIM Program on the simulation of window type air conditioners. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA E CIÊNCIAS TÉRMICAS, 3., 1990, Itapema. **Anais...** [S.l.]: ABCM, 1990. p. 847-852.
- MELO, C. Convection and infiltration modelling for the built environment. In: CIB CONGRESS, 10., 1986, Washington. **Proceedings...** Washington, 1986, p. 848-857.
- MELO, C. Existing convective heat transfer relationships for building thermal simulation. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA E CIÊNCIAS TÉRMICAS (ENCIT), 1., 1986, **Anais...** Rio de Janeiro, 1986. p. 151-154.
- MELO, C. FLOW - An algorithm for calculating air infiltration into buildings. In: BEM'87, 5., 1987, Lausanne. **Proceedings...** Lausanne: [s.n.], 1987, p.5-12.
- MELO, C. **Improved convective heat transfer and air infiltration models for building thermal simulation**. PhD Thesis, Cranfield University, UK, 1985.

- MELO, C. Influence of an improved air infiltration algorithm on the NBSLD Program. In: BEM'87, 5., 1987, Lausanne. **Proceedings...** Lausanne: [s.n.], 1987. p. 106-112.
- MENDES, N.; OLIVEIRA G. H. C.; ARAÚJO H. X. Building Thermal Performance Analysis by Using Matlab/Simulink. In: INTERNATIONAL IBPSA CONFERENCE (BUILDING SIMULATION), 7., 2001, Rio de Janeiro. **Proceedings...** IBPSA: Rio de Janeiro, 2001.
- MENDES N.; OLIVEIRA, R. C. L. F.; SANTOS, G. H. DOMUS 1.0: A Brazilian PC Program for building simulation. In: INTERNATIONAL IBPSA CONFERENCE (BUILDING SIMULATION), 7., 2001, Rio de Janeiro. **Proceedings...** Rio de Janeiro: IBPSA, 2001. p. 83-89.
- MENDES N.; RIDLEY I.; LAMBERTS R.; Conduction Heat Transfer through Porous Walls in Brazil. In: NATIONAL HEAT TRANSFER CONFERENCE, 34., 2000, Pittsburgh. **Proceedings...** Pittsburgh, Pennsylvania: ASME, August 20-22, 2000.
- MENDES, N., **Modelos para previsão da transferência de calor e de umidade em elementos porosos de edificações.** Originalmente apresentado como Tese de Doutorado, Universidade Federal de Santa Catarina, 1997.
- MENDES, N.; ARAÚJO, H. X.; OLIVEIRA, G. H. C. O problema de controle de temperatura em aquecimento de edificações. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 8., 2000, Salvador. **Anais...** Salvador: ANTAC, 2000.
- MENDES, N.; LAMBERTS, R.; PHILIPPI, P. C.; WINKELMANN, F. C. Cargas de enfriamiento y transferencia de humedad através de paredes porosas: sensibilidade al tratamiento de coeficientes de transferencia en el Modelo de Philip y DeVries. **Revista Informacion Tecnologica Del Chile**, Chile, v. 11, n. 3, 2000.
- MENDES, N.; OLIVEIRA, G. H. C.; ARAÚJO, H. X. The use of Matlab/Simulink to evaluate building heating processes. In: BIENNIAL CONFERENCE ON ENGINEERING SYSTEMS DESIGN AND ANALYSIS (ESDA'02), 6., 2002, Istanbul. **Proceedings...** Istanbul, 2002.
- MENDES, N.; OLIVEIRA, G. H. C.; ARAÚJO, H. X.; COELHO, L. S.; A Matlab-based simulation tool for building thermal performance analysis. In: INTERNATIONAL IBPSA CONFERENCE (BUILDING SIMULATION), 8., 2003, Eindhoven, Holanda. **Proceedings...** Eindhoven: IBPSA, 2003.
- MENDES, N.; OLIVEIRA, R. C. L. F.; SANTOS, G. H. DOMUS 2.0: A whole-building hygrothermal simulation program. In: INTERNATIONAL IBPSA CONFERENCE (BUILDING SIMULATION), 8., 2003, Eindhoven, Holanda. **Proceedings...** Eindhoven: IBPSA, 2003.
- MENDES, N.; PHILIPPI, P. C. A numerically robust method for predicting heat and moisture transfer based on temperature and moisture content gradients for walls composed of hygroscopically dissimilar materials. **International Journal of Heat and Mass Transfer**, 2004. (Submetido).
- MENDES, N.; PHILIPPI, P. C. MultiTridiagonal-Matrix Algorithm for Coupled Heat Transfer in Porous Media: stability analysis and computational performance. **Journal of Porous Media**, 2004. (in press).
- MENDES, N.; PHILIPPI, P. C.; LAMBERTS, R. A new mathematical method to solve highly-coupled equations of heat and mass transfer. **International Journal of Heat and Mass Transfer**, England, v. 45, n. 3, p. 509-518, 2002.
- MENDES, N.; RIDLEY, I.; LAMBERTS, R.; PHILIPPI, P. C.; BUDAG, K. Umidus: a PC Program for the prediction of heat and mass transfer in porous building elements. In: INTERNATIONAL IBPSA CONFERENCE (BUILDING SIMULATION), 6., 1999, Kyoto. **Proceedings...** Kyoto, Japão: IBPSA, 1999. v. 1, p. 277-283.
- MENDES, N.; SANTOS, G. H.; FREIRE, R. Z. The Solum Program for predicting temperature profiles in soils: usability aspects and sensitivity analyses of time step and grid refinement. In: CONFERENCE ON PASSIVE LOW ENERGY ARCHITECTURE, 20., 2003, Santiago, Chile. **Proceedings...** Santiago: PLEA, 2003. v. 1, p. 1-6.
- MENDES, N.; WINKELMANN, F. C.; LAMBERTS, R.; PHILIPPI, P. C. Moisture Effects on Conduction Loads. **Energy and Buildings**, v. 35, n. 7, p. 631-644, 2003.
- MENDES, N.; WINKELMANN, F. C.; LAMBERTS, R.; PHILIPPI, P. C.; CUNHA NETO, J. A. B. Dynamic Analysis of Moisture transport through walls and associated Cooling

- Loads in the Hot/Humid Climate of Florianópolis, Brazil. In: SYMPOSIUM ON IMPROVING BUILDING SYSTEMS IN HOT AND HUMID CLIMATES, 10., 1996, Fort Worth, Texas, EUA. **Proceedings...** [S.l.]: [s.n.], 1996. v. 1, p. 253-261.
- MENDONÇA K.C.; MENDES N. Computational simulation of the headquarters building of the telecommunications company of the State of Parana: energy analysis and retrofit proposal. In: PASSIVE AND LOW ENERGY ARCHITECTURE CONFERENCE, 17., 2001, Florianópolis, Brazil. **Proceedings...** Florianópolis: PLEA, 2001. CD-ROM.
- MENDONÇA, K. C. **Modélisation thermo-hydro-aéraulique des locaux climatisés selon l'approche zonale: prise en compte des phénomènes de sorption d'humidité.** 2004. Tese (Doutorado) - Universidade de La Rochelle, França, 2004.
- MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME). **Balanco Energético Nacional.** Brasília, DF, 2003. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br>>. Acesso em: 7 abr. 2004.
- MORA, L.; MENDONÇA, K. C.; WURTZ, E.; INARD, C. SIMSPARK: An object-oriented environment to predict coupled heat and mass transfer in buildings. In: INTERNATIONAL IBPSA CONFERENCE (BUILDING SIMULATION), 8., 2003, Eindhoven, Holanda. **Proceedings...** Eindhoven: IBPSA, 2003.
- MUNIZ, B. J. B. **A Energia Solar como Alternativa nos Países Tropicais e sua Utilização no Setor Habitacional.** Originalmente apresentado como Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1993.
- NEGRÃO, C. O. R. Integration Of building air flow models of different resolution. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA MECÂNICA, 14., 1997, Bauru. **Anais...** Bauru: ABCM, 1997. CD-ROM.
- NEGRÃO, C. O. R.; MELO, C. Transient analysis of HVAC Systems. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA MECÂNICA NORTE-NORDESTE, 2., 1992, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: ABCM, 1992. p. 196-203.
- NICOLAU, V. P.; PHILIPPI, P. C.; Coberturas de edificações: um estudo numérico comparativo. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS TÉRMICAS, 3., 1990, Itapema. **Anais...** [S.l.]: ABCM, 1990. p. 963-966.
- NICOLAU, V. P.; PHILIPPI, P. C.; CUNHA NETO, J. A. B. Simulação numérica do desempenho térmico de edificações. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS TÉRMICAS, 2., 1988, Águas de Lindóia. **Anais...** [S.l.]: ABCM, 1988. p. 363-366.
- NOVAK, P. R.; MENDES, N.; OLIVEIRA, G. H. C. Simulation and analysis of a secondary HVAC System using MATLAB/SIMULINK Platform. In: INTERNATIONAL MECHANICAL ENGINEERING CONGRESS. **Proceedings...** ASME: USA, 2004.
- OLIVEIRA, G. H. C.; ARAÚJO, H. X.; MENDES, N.; COELHO, L. S. Ambiente para simulação de sistemas de controle em edificações - Parte 2: descrição matemática do conjunto ambiente-climatizador e exemplo de simulação. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 7., 2003, Curitiba. **Anais...** Curitiba: ANTAC, 2003.
- OLIVEIRA, G. H. C.; COELHO, L. S.; ARAÚJO, H. X.; MENDES, N. Using Fuzzy Logic in heating control systems. In: ASME-JSME THERMAL ENGINEERING JOINT CONFERENCE, 6., Hawai. **Proceedings...** ASME: USA, 2003.
- OSÓRIO A. M. B. M. **Análise da ventilação natural no Rio de Janeiro: uma contribuição à conservação de energia.** Originalmente apresentado como Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1999.
- PEDRINI, A. **Desenvolvimento de metodologia para calibração do Programa DOE-2.1E.** Originalmente apresentado como Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, 1997.
- PEDRINI, A.; WESTPHAL, F. S.; LAMBERTS, R. A methodology for building energy modelling and calibration in warm climates. **Building and Environment**, Estados Unidos: Elsevier, v. 37, p. 903-912, 2002.
- PEIXOTO, L. K. O.; BITTENCOURT, L. S. Estudo da ventilação natural na UFAL através de simulação computacional. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 7., 2003, Curitiba. **Anais...** Curitiba: ANTAC, 2003. p. 1041-1048.
- PEREIRA, F. O. R. **Assimetria do campo de radiação induzida por superfícies envidracadas em edificações.** 1984. Dissertação

(Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1984.

PERES, K. K.; MARCZAK, L. D. F.; VIELMO, H. A. Análisis del proceso acoplado de transferencia de calor y humedad en paredes de edificaciones. **Revista Información Tecnológica del Chile**, La Serena, Chile, v. 12, n. 1, p. 65-72, 2001.

PERIN, M.; PHILIPPI, P. C.; DONEDA, M. S. Técnica do naftaleno para a determinação dos coeficientes de convecção em superfícies planas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE TRANSFERÊNCIA DE CALOR E MASSA, 1., 1987, Campinas. **Anais...** Campinas: [s.n.], 1987. p. 9-21.

PHILIPPI, P. C. Determinação da microestrutura de materiais porosos a partir das isotermas de adsorção. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE MEIOS POROSOS (ENEMP), 19., 1990. **Anais...** [S.l.]: [s.n.], 1990. p. 410-422.

PHILIPPI, P. C. Transfer functions for the transient heat and mass transfer problem in building porous walls. In: CLIMA 2000: WORLD CONGRESS ON HEATING VENTILATING AND AIR CONDITIONING, 1985, Copenhagen. **Proceedings...** Copenhagen: [s.n.], 1985. p. 103-108.

PHILIPPI, P. C. Tratamento de sinais na determinação das propriedades termofísicas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA MECÂNICA, 12., 1993, Brasília. **Anais...** Brasília: ABCM, 1993. p. 601-604.

PHILIPPI, P. C.; CUNHA NETO, J. A. B.; NICOLAU, V. P.; ABREU, P. F. Buried ducts and ventilated roofs as passive devices in a composite climate. In: CLIMA 2000: WORLD CONGRESS ON HEATING VENTILATING AND AIR CONDITIONING, 1985, Copenhagen. **Proceedings...** Copenhagen: [s.n.], 1985. v. 2, p. 447-452.

PHILIPPI, P. C.; NICOLAU, V. P.; CUNHA NETO, J. A. B.; ABREU, P. F. A computer code for simulating the thermal behaviour of buildings: application to buildings using passive devices. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON THE USE OF COMPUTERS FOR ENVIRONMENTAL ENGINEERING RELATED TO BUILDINGS, 5., 1986, Londres. **Proceedings...** Londres: [s.n.], 1986. p. 356-371.

PHILIPPI, P. C.; PEREIRA, F. O. R.; NICOLAU, V. P. Assimetria do campo de

radiação induzida por superfícies envidraçadas em edificações. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA MECÂNICA, 7., 1983. **Anais...** [S.l.]: ABCM, 1983. p. 395-405.

PHILIPPI, P. C.; SOUZA, H. A. Modeling moisture distribution and isothermal transfer in a heterogeneous porous material. **International Journal of Multiphase Flow**, v. 21, n. 4, p. 667-691, 1995.

PIETROBON, C. E. **Luz e calor em ambiente construído escolar e o sombreamento arbóreo: conflito ou compromisso com a conservação de energia?** 1999. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1999.

QUADRI, M. B. **Dinâmica de resposta de tensiômetros: desenvolvimento experimental e modelação numérica.** 1988. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1988.

QUADRI, M. B.; PHILIPPI, P. C. Determinação experimental dos parâmetros fenomenológicos relacionados com o funcionamento de um tensiômetro em meios porosos insaturados edificações. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS TÉRMICAS, 2., 1988, Águas de Lindóia. **Anais...** [S.l.]: ABCM, 1988. p. 299-302.

QUADRI, M. B.; PHILIPPI, P. C.; BOLZAN, A. Transferência de umidade em meios porosos insaturados: a dinâmica de resposta de edificações. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS TÉRMICAS, 2., 1988, Águas de Lindóia. **Anais...** [S.l.]: ABCM, 1988. p. 303-306.

REIS, B. L.; MENDES N.; NAPOLEÃO D. A. S.; SANTOS L. A. SimRefri: software de simulação de desempenho de refrigeradores. In: CONGRESSO DE AR CONDICIONADO, REFRIGERAÇÃO, AQUECIMENTO E VENTILAÇÃO DO MERCOSUL (MERCOFRIO), 2004. **Anais...** Curitiba, 2004.

RODE, C. **Moisture buffer capacity of building materials.** BYG-DTU NORDTEST Proposal, 2004.

RODE, C.; MENDES, N.; GRAU, K.; Evaluation of moisture buffer effects by performing whole-building simulation. **Ashrae Transactions**, Estados Unidos: ASHRAE, 2004.

RZATKI, J. R.; MELO, C. Estimation of solar radiation under cloudy conditions. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA MECÂNICA, 12., 1993,

Brasília. **Anais...** Brasília: ABCM, 1993. p. 1149-1152.

SANTOS, G. H.; MENDES, N. Analysis of numerical methods and simulation time step effects on the prediction of building thermal performance. **Applied Thermal Engineering**, v. 24, n. 8-9, p. 1129-1142, 2004.

SANTOS, G. H.; MENDES, N. Multidimensional effects of ground heat transfer on the dynamics of building thermal performance. **Ashrae Transactions**, 2004. (in press).

SANTOS, G. H.; MENDES, N.; PARISE, I. Comparação entre programas de simulação para análise de comportamento térmico de edificações. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 10., 2004, São Paulo. **Anais...** São Paulo: ANTAC, 2004.

SANTOS, G. H.; MENDES, N. The Solum Program for predicting temperature profiles in soils: mathematical models and boundary conditions analyses. In: INTERNATIONAL IBPSA CONFERENCE (BUILDING SIMULATION), 8., 2003, Eindhoven, Holanda. **Proceedings...** Eindhoven: IBPSA, 2003.

SANTOS, G. H.; MENDES, N. Unsteady combined heat and moisture transfer in unsaturated porous soils. **Journal of Porous Media**, 2004c. (in press).

SANTOS, G. H.; MENDES, N.; FREIRE, R. Z. Análise de sensibilidade e de performance higrotérmica de solos insaturados. **Revista de La Construcción**, v. 2, p. 50-56, 2004.

SATTLER, M. A. **The generation of climatic building design data from meteorological data, with particular reference to Porto Alegre (30°02'S; 1°13'W), Brasil.** Sheffield: University of Sheffield, Department of Building Science, 1986.

SCHMID, A. L. Daylighting and insolation in high density urban zones: how simulation supported a new law in Curitiba. In: INTERNATIONAL IBPSA CONFERENCE (BUILDING SIMULATION), 7., 2001, Rio de Janeiro. **Proceedings...** IBPSA: Rio de Janeiro, 2001. p. 1093-1100.

SCHMID, A. L. Iluminação para a segurança pública. **Revista Engenharia e Construção**, Curitiba, n. 66, p. 20-25, 2002.

SCHMID, A. L. Simulação de desempenho térmico em múltiplas zonas: Mestre: um sistema brasileiro na linguagem Java. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 6., 2001, São Pedro, SP. **Anais...** [S.l.]: ANTAC, 2001.

SCHMID, A. L.; STANESCU, G.; DRUSZCZ, M. T.; SILVA, S. Análise do desempenho térmico de um edifício de apartamentos residenciais em região de temperaturas elevadas: otimização do sistema de vedação. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 6., 2001, São Pedro, SP. **Anais...** [S.l.]: ANTAC, 2001.

SCHNEIDER, P. S. **Análise do campo de radiação térmica em um ambiente de edificação: estudo teórico-experimental.** Originalmente apresentado como Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1990.

SCHNEIDER, P. S. **Comportement thermo-aéraulique des bâtiments: stratégies de résolution du problème couplé.** Doctorate Thesis. Institut National Des Sciences Appliquées, INSA-LYON, France, 1994.

SCHNEIDER, P. S. Estratégias de cálculo aplicadas a programas de simulação do comportamento térmico de edificações. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA MECÂNICA, 13., 1995, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: ABCM, 1995.

SCHNEIDER, P. S. Revisão das estratégias de cálculo do comportamento térmico de edificações: apresentação do COBRA. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 3., 1995, Gramado. **Anais...** Gramado: ANTAC, 1995. p. 275-280.

SCHNEIDER, P. S. Técnicas de validação de programas de simulação do comportamento térmico de edificações. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 3., 1995, Gramado. **Anais...** Gramado: ANTAC, 1995. p. 281-286.

SCHNEIDER, P. S.; KÜHN, T. Elaboração de uma interface de dados geométricos para um programa de simulação do comportamento térmico de edificações. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 4., 1997, Salvador. **Anais...** Salvador: ANTAC, 1997. p. 180-186.

- SCHNEIDER, P. S.; PHILIPPI, P. C.; CORBELA, O. D. Trajetória da luz solar direta em recintos de edificações. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA MECÂNICA, 10., 1989, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: ABCM, 1989. p. 557-560.
- SCHNEIDER, P. S.; PHILIPPI, P. C.; PIERITZ, R. A.; LAMBERTS, R.. Estudo do campo de radiação térmica em uma habitação. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS TÉRMICAS, 3., 1990, Itapema. **Anais...** [S.l.]: ABCM, 1990. p. 983-986.
- SCHNEIDER, P. S.; ROUX, J. J.; BRAU, J. Heat and mass transfers in multiroom buildings: strategies for solving the coupled problem. In: INTERNATIONAL HEAT TRANSFER CONFERENCE, 10., 1994, Brighton. **Proceedings...** Brighton: [s.n.], 1994. p. 379-384.
- SCHNEIDER, P. S.; ROUX, J. J.; BRAU, J. Strategies for solving the air flow-thermal problem in multiroom buildings. **Building and Environment**, v. 30, n. 2, p. 277-286, 1994.
- SIGNOR, R. **Análise de regressão do consumo de energia elétrica frente a variáveis arquitetônicas para edifícios comerciais climatizados em 14 capitais brasileiras.** Originalmente apresentado como Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, 1999.
- SIGNOR, R.; WESTPHAL, F. S.; LAMBERTS, R. Regression analysis of electric energy consumption and architectural variables of conditioned commercial buildings in 14 brazilian cities In: INTERNATIONAL IBPSA CONFERENCE (BUILDING SIMULATION), 7., 2001, Rio de Janeiro. **Proceedings...** Rio de Janeiro: IBPSA, 2001. v. 2, p. 1373-1380.
- SILVA, A. C. S. B. **Simulação de resfriamento evaporativo por micro aspersão d'água.** Originalmente apresentado como Tese de Doutorado, Universidade Federal de Santa Catarina, 2004.
- SILVEIRA NETO, A. **Soluções exatas para o transporte simultâneo de calor e umidade em elementos porosos unidimensionais.** Originalmente apresentado como Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, 1985.
- SILVEIRA NETO, A.; PHILIPPI, P. C. Soluções exatas para problemas de transporte simultâneo de calor e massa em elementos porosos. In: SECOND LATIN AMERICAN CONGRESS ON HEAT AND MASS TRANSFER. **Proceedings...** São Paulo, 1986. p. 653-662.
- SOUZA, F. A. S.; MELO, C. Analysis of the performance of forced ventilated evaporators. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA MECÂNICA NORTE-NORDESTE, 4., 1996, Recife. **Anais...** Recife: ABCM, 1996. p. 915-920.
- SOUZA, H. A. **Transporte simultâneo de calor e umidade em meios porosos: método das funções de transferência.** Originalmente apresentado como Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, 1985.
- SOUZA, H. A.; PHILIPPI, P. C.; MAGNANI, F. S. Estudo da influência da topologia de uma rede de percolação nos processos de transferência isotérmica de líquido e vapor em meios porosos. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE MEIOS POROSOS (ENEMP), 19., 1990. **Anais...** [S.l.]: [s.n.], 1990. p. 79-90.
- SOUZA, H. A.; PHILIPPI, P. C. Transfer functions for analysing the hygro-thermal behaviour of buiding porous elements. In: LATIN AMERICAN CONGRESS ON HEAT AND MASS TRANSFER, 2., 1986, São Paulo. **Proceedings...** São Paulo: [s.n.], 1986. p. 607-618.
- SOUZA, H. A.; PHILIPPI, P. C. Transferência transiente de calor e umidade em elementos porosos de edificações In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA MECÂNICA, 8., 1985, São José dos Campos. **Anais...** São José dos Campos: ABCM, 1985. p. 65-68.
- SOWEL, E. F.; HAVES, P. Efficient solution strategies for building energy system simulation. **Energy and Buildings**, v. 33, p. 309-317, 2001.
- STANGENHAUS, C. R. **Paredes, conforto térmico, edificações: ponderações e propostas para clima tropical úmido em situação de verão.** Originalmente apresentado como Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro 1992.
- TEIXEIRA FILHO, W. S. **Utilização do cobogó para conforto térmico: estudo de caso: reforma do Hospital Dr. P. Pinel, Prédio C.** 1995. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1995.
- TRIBESS, A.; HERNANDEZ NETO, A.; AKUTSU, M.; VITTORINO, F. Análise da ventilação natural em ambientes não

condicionados. In: NUTAU'98, 1998, São Paulo. **Anais...** São Paulo, 1998. CD-ROM.

TRIBESS, A.; HERNANDEZ NETO, A.; FIORELLI, F. A. S. Influência da envoltória no consumo de energia em edifício comercial com ocupação mista. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 5., 1999, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: ANTAC, 1999. CD-ROM.

TRIBESS, A.; HERNANDEZ NETO, A.; VITTORINO, F.; AKUTSU, M. The effects of indoor conditions on the reduction of energy consumption in commercial buildings in Rio de Janeiro. In: INTERNATIONAL IBPSA CONFERENCE (BUILDING SIMULATION), 6., 1999, Kyoto. **Proceedings...** Kyoto: IBPSA, 1999. v. 2, p. 723-728.

TRIBESS, A.; HERNANDEZ NETO, A.; VITTORINO, F.; CARAM, R. M. Avaliação da viabilidade econômica de soluções de envidraçamento. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 5., 1999, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: ANTAC, 1999. CD-ROM.

TRIBESS, A.; HERNANDEZ NETO, A.; VITTORINO, F.; PEÇANHA, M. Aspectos de conservação de energia em ambientes condicionados. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 4., 1997, Salvador. **Anais...** Salvador: ANTAC, 1997.

VIELMO, H. A. **Modelo matemático para simular o comportamento do sistema passivo do laboratório de energia solar da UFRGS.** Originalmente apresentado como Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1981.

WESTPHAL, F. S. **Desenvolvimento de um algoritmo para estimativa do consumo de energia elétrica de edificações não residenciais a partir de dados climáticos simplificados.** Originalmente apresentado com Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, 2002.

ESTPHAL, F. S.; LAMBERTS, R. The use of simplified weather data to estimate thermal loads of non-residential buildings. **Energy and Buildings**, [S.l.]: Elsevier, v. 36, n. 8, p. 847-854, 2004.

WESTPHAL, F. S.; LAMBERTS, R. Ferramenta computacional para análise energética de edificações a partir de dados climáticos simplificados: validação através do método BESTEST. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 7., 2003, Curitiba. **Anais...** Curitiba: ANTAC, 2003. p. 1178-1185.

WESTPHAL, F. S.; LAMBERTS, R.; CUNHA NETO, J. A. B. Estimativa do consumo de energia elétrica de edificações climatizadas não residenciais utilizando dados climáticos simplificados. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA E CIÊNCIAS TÉRMICAS, 9., 2002, Caxambu. **Anais...** [S.l.]: ABCM, 2002. CD-ROM.

YUNES, P. R. **Estudo da microestrutura de uma argamassa usando as isotermas de adsorção e microscopia eletrônica.** Originalmente apresentado como Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, 1992.

YUNES, P. R.; PHILIPPI, P. C.; FERNANDES, C. P.; MAGNANI, F. S. The microstructure of porous building materials: study of a cement and lime mortar. **Transport in Porous Media**, The Netherlands, v. 14, p. 219-245, 1994.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Paulo Smith Schneider, Maria Akutso, Fúlvio Vittorino, Cezar Negrão, Fernando O. R. Pereira, Ricardo Cabús, Leonardo Bittencourt, Arlindo Tribess e Aloísio Leoni Schmid, que contribuíram com informações sobre seus respectivos grupos de pesquisa.