

**MERCOFRIO 2008 - CONGRESSO DE AR CONDICIONADO, REFRIGERAÇÃO,  
AQUECIMENTO E VENTILAÇÃO DO MERCOSUL**

**RESUMOS INSCRITOS**

---

**DESAFIO DO MERCADO IMOBILIÁRIO À OBTENÇÃO DE CONFORTO TÉRMICO  
DOS SEUS OCUPANTES E À BUSCA DE MATERIAIS CONSTRUTIVOS APROPRIA-  
DOS QUE CONSIDEREM AS MUDANÇAS CLIMÁTICAS LOCAIS E GLOBAIS**

**Clélia Mendonça de Moraes** – clélia.moraes@yahoo.com.br

**Kamal Abdel Radi Ismail** – kamal@fem.unicamp.br

Universidade Estadual de Campinas - Unicamp, Departamento de Engenharia Mecânica

A0301 - Edifícios Comerciais e Públicos

***Resumo.** O presente artigo apresenta o panorama atual da construção civil no Brasil e tem como objetivo repensar o posicionamento do setor da construção civil para orientar e propor políticas públicas com responsabilidades sociais, empresariais e para o desenvolvimento sustentável da sociedade em relação ao meio ambiente. Nossa proposta neste artigo é discutir algumas questões sobre mudanças climáticas, métodos atuais de conforto térmico e simulação da edificação. Além disso, referiremos ao debate sobre desenvolvimento de valores sustentáveis e o uso excessivo de energia, como contribuição à uma proposta pedagógica para capacitação técnica dos profissionais do setor.*

***Palavras-chave:** Mercado imobiliário, Conforto térmico, Materiais de construção, Energia e Desenvolvimento sustentável.*

---

**METODOLOGIA PARA DEFINIÇÃO DA SOLUÇÃO ÓTIMA DE MODERNIZAÇÃO DE  
INSTALAÇÕES DE AR CONDICIONADO APLICADA AO PROJETO E  
MODERNIZAÇÃO DE EDIFÍCIOS**

**Eduardo Juliano L. de S. Ataíde** – eduardojuliano@gmail.com

**Guttemberg Rios** – guto.rios@gmail.com

**Thiago Hamilton Cordeiro** – thiagohcordeiro@hotmail.com

**Bruce dos Santos** – emaildobruce@gmail.com

**João Pimenta** – pimenta@unb.br

Universidade de Brasília, Departamento de Engenharia Mecânica, LaAR-Laboratório de Ar condicionado e Refrigeração (www.laar.unb.br)

A0302 - Edifícios Comerciais e Públicos

***Resumo.** A eficiência energética de equipamentos de ar condicionado e refrigeração e os custos associados aos sistemas de refrigeração e ar condicionado são cada vez mais importantes para as indústrias e edificações, devido à magnitude que tais equipamentos representam nos custos desde o ato de sua concepção até o consumo de energia elétrica. Dentro desse contexto, o presente trabalho tem o objetivo de apresentar uma metodologia de análise de sistemas de ar condicionado e refrigeração. O trabalho iniciou-se com o estudo de um sistema de ar condicionado para um edifício concebido sem climatização ativa e se estendeu a uma instalação que opera próximo ao fim de sua vida útil. Para realização da análise foi proposta uma metodologia que levou em consideração os*

custos associados ao sistema de ar condicionado tendo em conta os custos iniciais de implantação e os custos operacionais do sistema. Os custos iniciais do investimento foram compostos pelos custos dos equipamentos, materiais, acessórios para montagem, transportes horizontal e vertical, montagem e custos envolvidos com projetos, taxas e licenças. Os custos operacionais por sua vez envolveram o consumo de energia elétrica, parâmetros operacionais de cada tipo de sistema (como COP), custos associados a manutenção e materiais de consumo além de custos ambientais onde foi adotada uma análise de TEWI (Total Equivalent Warming Impact), além de outros custos. Como resultado apresenta-se uma proposta de metodologia de análise que permite a avaliação completa de um sistema de ar condicionado tanto para prédios novos quanto para prédios onde o sistema já existe mas necessita de adequações tecnológicas.

**Palavras-chave:** Ar condicionado, Edifícios, Viabilidade econômica, Custos.

---

## BANCADA DE AR CONDICIONADO VEICULAR

**José Henrique Martins Neto** – henrique@des.cefetmg.br

**Luiz Augusto Ferreira de Campos Viana** – lucamposviana@globocom

Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Departamento de Engenharia Mecânica

A0901 - Transporte de Pessoas

**Resumo.** Este trabalho apresenta uma bancada de ar condicionado veicular projetada e construída para ser utilizada em demonstrações didáticas. A bancada poderá ser utilizada também para realização de pesquisas aplicadas na área automotiva, sendo útil para o desenvolvimento de trabalhos visando à busca de soluções que propiciem a redução do consumo de combustível dos veículos e a redução das emissões dos gases poluidores. A bancada foi montada com todos os componentes de refrigeração de uma instalação real veicular, exceto o sistema de acionamento que foi substituído por um motor elétrico e um inversor de frequência para variação da rotação do compressor. A bancada também possui um sistema de simulação de ar quente constituído de resistência elétrica, tanque de água quente, circulador e termostato de forma a permitir diferentes temperaturas e vazões de água. Um sistema de ventilação de quatro velocidades permite variar a vazão de ar quente ou frio. A bancada foi instrumentada com sensores para medição de temperatura e pressão e possui um sistema de aquisição de dados. Alguns testes experimentais estão sendo realizados e propostos para determinação das taxas de transferência de calor, trabalho do compressor e coeficiente de performance considerando diferentes rotações.

**Palavras-chave:** ar condicionado veicular, bancada de ar condicionado.

---

## ANÁLISE DE VIABILIDADE TÉCNICO-ECONÔMICA DE BOMBA DE CALOR ÁGUA-ÁGUA PARA AUMENTO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE SISTEMAS COM CONTROLE DE DESUMIDIFICAÇÃO E REAQUECIMENTO INDIRETOS.

**Flávio Ribeiro Teixeira** – flavioribeiroteixeira@hotmail.com

Consultor Independente

A1601 - Salas Limpas

**Resumo.** Análise de viabilidade técnico-econômica de uma bomba de calor água-água para recuperação de energia de reaquecimento para controle de umidade de laboratórios, salas limpas ou processos industriais. O laboratório analisado é composto por 950m<sup>2</sup> de áreas de laboratórios pa-

ra o estudo e desenvolvimento de células solares fotovoltaica, sendo 210m<sup>2</sup> de salas limpas, classe 100, com rigorosos controles de umidade e temperatura.

Na central água gelada dos laboratórios, têm-se dois chillers de 50TR cada, com heat reclaim para aquecimento de água e bombas primárias e secundárias de água gelada e quente. A água quente para o controle de umidade é fornecida parte pelo heat reclaim e complementado por aquecimento elétrico de 75kW. Sabe-se que para controle de umidade primeiramente é necessário o resfriamento do ar para diminuir a conteúdo de umidade e depois reaquecê-lo para colocá-lo nas condições satisfatórias exigidas pela sala limpa. É inerente desse processo um dispêndio de energia muito grande, ora para resfriar e desumidificar o ar, ora para reaquecer. Os equipamentos responsáveis para executar esses processos termodinâmicos no laboratório, são air handlers, com resfriamento e reaquecimento indiretos, ou seja, a quatro tubos.

Portanto essa a análise visa à instalação de uma bomba de calor água-água em paralelo com os chillers e com o heat reclaim e o aquecedor de água quente, tendo como fonte fria o retorno de água gelada do prédio, evitando, portanto a entrada de compressores dos chillers e como fonte quente o avanço de água quente antes de entrar no aquecedor resistivo e depois do heat reclaim dos chillers. O objetivo dessa análise é evitar ao máximo a entrada do sistema resistivo, alto consumidor de energia atualmente, substituindo esse por bomba de calor e tendo como fonte fria a próprio retorno de água gelada do prédio, já que devido as suas características a necessidade de água gelada é constante inverno e verão 24 horas por dia. Nessas condições o equipamento apresenta um alto Coeficiente de Desempenho para o sistema, já que as duas energias tanto da fonte fria quanto da fonte quente são úteis.

Com esta análise aplicada a sistemas de salas limpas ou a qualquer outro, com configurações semelhantes e usando conceitos do uso racional de energia, eficiência energética, recuperação de energia, cogeração e através da aplicação do ciclo de refrigeração por bomba de calor, consegue-se uma diminuição do consumo de energia elétrica da edificação, aumentando sua sustentabilidade e colaborando para diminuição do esgotamento dos recursos naturais.

**Palavras-chave:** Bomba de calor água-água, Controle de umidade, Reaquecimento, cogeração, eficiência energética.

---

## REFRIGERAÇÃO – FATOR CHAVE EM TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO

**José Soares Sobrinho** – sobrinhosj@gmail.com  
Consultor Independente

A1701 - Áreas de Processamento de Dados

**Resumo.** A dissipação de calor em W/cm<sup>2</sup> de 1960 até 2010 é uma curva exponencial. Uma antiga máxima em TI já foi “Você pode ser demitido por deixar um servidor for a do ar, mas não por gastar energia”.

Isso começa a mudar pelo fato de que 1996 foram gastos US\$ 60 bi em servidores e US\$ 10 bi em refrigeração, ao passo que em 2010 estão previstos os mesmo US\$ 60 bi em servidores e US\$ 30 bi em refrigeração. Mantida esta tendência os investimentos em refrigeração serão maiores que os gastos em equipamentos de TI o que pode puxar os preços em geral para cima.

Por conta desta exponencial 50% dos data-centers no mundo tem insuficiência de refrigeração e energia.

Abordaremos porque as soluções existentes não são eficazes e, mesmo as eficazes e recém - lançadas, em pouco tempo estarão obsoletas.

Apresentaremos as tecnologias estado da arte e a necessidade de mudança na arquitetura computacional no que chamamos de PCSS – Computado profissional de estado sólido - para maximizar o uso de tecnologia de resfriamento líquido e termos refrigeração com escalabilidade até que tenha-

mos processadores com transferência de dados por meio óticos, resfriamento por nano tubos de carbono entre outras tecnologias estejam disponíveis comercialmente e em larga escala com custos equilibrados.

**Palavras-chave:** trocas térmicas, alto desempenho, semicondutores, computação, alta densidade

---

## NOVOS CONCEITOS EM CLIMATIZAÇÃO DE DATA CENTERS, SEUS PROBLEMAS E SOLUÇÕES PROPOSTAS PARA O FUTURO

**Eduardo José Braga** – eduardo.braga@emerson.com  
Gerente de Produtos – Emerson Network Power

A1702 - Áreas para Processamento de Dados

### **Resumo. Breve histórico da evolução dos computadores**

*As primeiras unidades de ar condicionado de alta performance para climatização de C.P.D.s., suas diferenças construtivas para fazer frente à necessidade crescente de carga térmica sensível nos ambientes dos Data Centers.*

**Otimização de Data Centers : Estratégias para otimização de espaço em ambientes controlados**  
*A necessidade de maior velocidade de processamento, levando os fabricantes de servidores, a desenvolvê-los com novas tecnologias, mais compactos, dissipando mais calor por unidade de superfície, com uma necessidade muito maior, em termos de climatização.*

*Novos documentos do ASHRAE, com recomendações para a climatização de Data Centers*

*Criado um comitê composto por consultores, fabricantes de componentes eletrônicos e servidores, para desenvolver um novo “standard”, para as chamadas aplicações críticas :*

**Sistemas complementares de climatização voltados para as situações de Extrema Densidade de Temperaturas – Os conceitos de arquitetura aberta e fechada e as mudanças conceituais .**

*A tendência de servidores em racks, gerando altas cargas térmicas, e o desenvolvimento de sistemas de climatização para altas densidades de calor, sistemas suplementares de climatização, especificamente projetados para este tipo de aplicação, que podem ser instalados no ambiente, na medida da necessidade, evitando “hot spots” .*

**Algumas soluções existentes e algumas recomendações para a climatização nos Data Centers do futuro .Tendências com relação a :** dimensões dos equipamentos, áreas de Data Centers, economia de energia .

**Palavras-chave:** Data Centers, densidade , Blades, servidores .

---

## DEPURAÇÃO ISOENTÁLPICA – SISTEMA DE PRESSURIZAÇÃO DE SUBESTAÇÕES ELÉTRICAS EM AMBIENTE INDUSTRIAL

**Domenico Capulli** – domenico-diva@uol.com.br

**Vanessa Novello** - vava\_cpil@bol.com.br

Universidade Federal Fluminense, Departamento de Engenharia Química

A2901 – Ventilação do Ambiente Industrial

**Resumo.** *As instalações abrigadas de utilidades elétricas de suporte á plataformas “off shore”, usinas de álcool e açúcar, plantas petroquímicas, siderúrgicas, cimenteiras e de papel e celulose tem como adversário a qualidade do ar ambiente externo com contaminantes em concentrações de elementos alheios a composição natural do ar nos aspectos químico (gases, vapores, odores) e físico*

(material particulado) tais como sais de sódio e potássio, enxofre, cloro, COV (compostos orgânicos voláteis) e coque, óxidos ferrosos, fuligem de combustão, óxidos de ferro, sal; que ao serem admitidos no sistema de pressurização dessas instalações causam panes em sistemas obstrutivos de filtragem, incremento das ações de manutenção, redução da confiabilidade operacional, redução da vida útil de equipamentos e componentes elétricos e elevação do custo operacional, bem como a poluição secundária gerada no descarte dos elementos filtrantes saturados. Como característica funcional dessas instalações temos a elevada taxa de fluxo de calor sensível dissipado por equipamentos elétricos que afetam a sua performance, sendo requerido a disponibilização de um sistema de ventilação que assegure qualidade do ar insuflado e capacidade de remover a energia dissipada por resfriamento convectivo. Nosso trabalho consiste numa comparação dentre as três modalidades de pressurização das subestações elétricas a saber: sistema de insuflação do ar externo com filtragem mecânica, insuflação de ar resfriado com a aplicação da tecnologia de centrifugação líquida multiventuri e a climatização do ar interno da subestação. Através de resultados de aplicações e estudos, bem como constatações de ensaios e análises da qualidade do ar de interiores em sistemas de ventilação para Tomada de Ar Externo(T.A.E.), foi constatado os problemas e vantagens de cada tecnologia nos aspectos de qualidade físico-química do ar, consumo de energia global, geração de rejeitos e resíduos, manutenção operacional, confiabilidade operacional e preservação patrimonial, destacando-se a tecnologia de depuração e resfriamento por centrifugação líquida que apresenta performance estável, expurgo automático e cíclico dos contaminantes por extração não acumulativa, independentemente da qualidade do ar no ambiente industrial externo, inclusive em situações de acidentes de processo com elevada emissão de poluentes.

**Palavras Chave:** Resfriamento isentálpico, Descontaminação do ar, Pressurização de subestação elétrica, Dessalinização do ar, Despoluição e insuflação

---

## EVALUATION OF DISPLACEMENT AND MIXING MODES IN MECHANICAL VENTILATION ENCLOSURE

S. A. Elagouz - elagouz2002@yahoo.com  
Mechanical Power Engineering Department, Tanta University, Egypt

A2902 - Ventilação do Ambiente Industrial

**Abstract.** A numerical simulation using computational fluid dynamics model is used to investigate and compare the performances of displacement and mixing ventilations modes under different boundary conditions. A companion paper will report the results in terms of the thermal comfort and the indoor air quality. Four modes (case 1, 2, 3 and 4) of displacement ventilations and two modes (cases 5 and 6) of mixing ventilations are studied. The influence of Reynolds and Schmidt numbers on the performance of displacement and mixing ventilations are presented. The results show that the lower performance in case 6 for mixing ventilation while the higher performance in case 5 for mixing ventilation and case 4 for displacement ventilation. The heat and mass transfer rates, the heat and contaminant removal effectiveness and the air clearing efficiency influenced by the change of the Reynolds and Schmidt numbers.

**Key-words:** CFD; Mixed convection; Displacement ventilation; Discrete heat/Contaminant sources

---

## ANÁLISE DE UMA SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL DE UM AMBIENTE CLIMATIZADO ALIMENTADO PELA REDE ELÉTRICA CONVENCIONAL E POR PAINÉIS SOLARES FOTOVOLTAICOS

**Francisco Daniel Lima Silva** – fdanielce@yahoo.com.br

**Paulo Otto Beyer** – paulo.beyer@ufrgs.br

Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Departamento de Engenharia Mecânica, PROMEC

#### A3301 - Uso de Energia Solar e Eólica

**Resumo.** Tendo e vista a larga utilização de sistemas de ar condicionado e seu proporcional consumo energético e também o grande potencial da energia solar fotovoltaica como fonte limpa e renovável, um estudo científico exploratório da união oportuna destes dois sistemas se faz pertinente, dentro de uma visão atual e futurista quanto à utilização de energia, aliada a consciência ambiental. Utilizando a ferramenta de simulação computacional Energy Plus, busca-se contribuir cientificamente com o desenvolvimento e análise de simulações computacionais, que possibilitam análise térmica e energética de um sistema de refrigeração com alimentação proveniente da rede elétrica convencional e de painéis fotovoltaicos. Este estudo serve de base e motivação a uma aplicação da energia solar fotovoltaica como promissora alternativa energética quando aliada ao sistema de refrigeração, além de difundir a aplicação da tecnologia solar fotovoltaica, e da aplicação do software EnergyPlus como poderosa ferramenta de análise.

**Palavras-chave:** Simulação computacional, Refrigeração, Energia solar

---

### INFLUENCE OF THE ABSORBING PLATE ON SOLAR STILL PRODUCTIVITY

**E. M. Ali**

**Munir A. Majid** - munir1949@yahoo.com

Mechanical Eng. Dept., College of Engineering, 7th of April University, Sabrata, Libya.

#### A3302 - Uso de Energia Solar e Eólica

**Abstract.** Drinking water supply is a fundamental need of human being, industries and agriculture also need fresh water specially in regions where only brackish water is available. Conventional energy sources renders distillation process costly besides the danger arising from pollution. Consequently solar radiation is considered as an effective and viable economical solution for water distillation units. The most common type of solar stills is the basin type. In the present study two solar stills are employed for the investigation, thus enabling studying various parameters and comparing them through temperature and productivity monitor during the hours of the day. Three factors are considered in this study namely: effect of upper water column on the solar still productivity; effect of absorbing plate metal on the solar still productivity and efficiency; effect of the absorbing pale coating on the solar still productivity and effect of suspension of the absorbing plate on the solar still productivity.

The obtained results indicated that the practical productivity during the month of July 2006, was highest when upper water column depth is 1 cm as compared with 2 and 3 cm. On the other hand with regard to absorbing plate results indicated that rubber mat exhibited greater productivity all along the hours of the day as compared to either aluminum or galvanized steel during the month of May 2007. With regard to metal galvanized steel exhibited slightly higher productivity than aluminum. Furthermore with regard to efficiency again rubber mat exhibited the highest efficiency. Theoretically determined efficiency was compared with that practically determined and it is found that they are comparable in the early hours of the day until about 14:00 hour, however they deviate from each other beyond that time, evidently due to actual noticeable heat loss upon the drop of solar radiation after 14:00 hour. Black paint as absorbing plate coating caused a significant improvement in productivity of the solar still using either aluminum or galvanized steel plate, these experimentation were conducted during the month of June 2007. As for the effect of absorbing plate

*suspension on the solar still productivity. Experimental results of 16<sup>th</sup> Jun e2007, indicated clearly that rubber mat with upper water column 1.5cm is far better than suspended steel or aluminum plate with upper water column 1.5cm and lower water column 2 cm.*

**Key-Words:** Solar energy, Water still, Absorbing plate

---

## UM ESTUDO PARAMÉTRICO DA SOLIDIFICAÇÃO COMPLETA EM CÁPSULAS CILINDRICA E ESFÉRICA

**Kamal Abdel Radi Ismail** – kamal@fem.unicamp.br

**Raykleison Igor dos Reis Moraes** – raykleison@fem.unicamp.br

Universidade Estadual de Campinas, Departamento de Energia Térmica e Fluidos -DETF.

A3401 - Termoacumulação

**Resumo.** *O presente artigo visa investigar as diferentes temperaturas de mudança de fase encapsuladas em cilindros e esferas de diferentes materiais sujeitas a diferentes condições de trabalho. O principal objetivo foi determinar o tempo de solidificação completa e investigar opções mais baratas de encapsular o PCM. As cápsulas utilizadas foram testadas e sujeitas a condições de temperatura controlada onde o fluido de trabalho foi variado e sua precisão foi mantida em  $\pm 1$  °C. Os experimentos foram realizados em cápsulas de vidro e plástico em diâmetros de 0.0035, 0.076, 0.106, 0.131m e a temperatura de superfície de -5, -10, -12, -15, -18, -20 e -25°C. O material de mudança de fase usado foi a água e água-glicol misturado nas concentrações de 3.75, 7.5, 15, 25, 30, 40 e 50%. Testes similares foram usados com latas de refrigerante e garrafas PET cheias com PCM, pois apresentaram ser um bom candidato devido a sua alta condutividade térmica e por ser mais barato sendo que sua geometria facilita o arranjo dentro de tanques de armazenamento. Os resultados são apresentados e discutidos.*

**Palavras-chave:** Solidificação, cápsulas esféricas, cápsulas cilíndricas, PCM, sistema de armazenamento, calor latente.

---

## ESTUDO EXPERIMENTAL DA SOLIDIFICAÇÃO DO PCM AO REDOR DE UM TUBO CURVO

**Kamal Abdel Radi Ismail**- kamal@fem.unicamp.br

**Lourival Matos de Sousa Filho** – lfilho@fem.unicamp.br

Universidade Estadual de Campinas, Departamento de Engenharia Térmica e Fluidos

A3402 - Termoacumulação

**Resumo.** *Este artigo apresenta os resultados de um estudo experimental do processo da solidificação do material de mudança de fase ao redor de tubos curvos com diferentes curvaturas e temperaturas de trabalho. O principal objetivo fundamenta-se em analisar a massa solidificada, taxa de solidificação e o tempo de solidificação completo em função da temperatura do fluido de trabalho na entrada do tubo, o número de Dean, que quantifica o grau de curvatura do tubo, e a variação da vazão. Uma vez que uma das principais aplicações desde trabalho consiste em levantar parâmetros de projeto para armazenadores de calor latente e como resultado de estudo, espera-se otimizar a temperatura de trabalho para obter alta eficiência. Os experimentos foram realizados com curvaturas de 15,5cm, 10,15cm e 3,9cm e temperaturas de fluido de trabalho de -8, -14, -18, -20, -23 e -25°C. O material de mudança de fase usado foi água. Para determinar a espessura da camada so-*

lidificada, foi utilizada uma máquina fotográfica digital e uma régua de referência. As imagens da camada eram capturadas em intervalos pré-determinados de tempo e eram posteriormente digitalizadas por um software, AutoCAD. Para obter os valores das temperaturas na superfície do tubo foram fixados termopares do tipo T, que atende com grande confiabilidade o intervalo de temperatura de interesse. Os resultados foram apresentados e discutidos..

**Palavras-chave:** Solidificação da água, Tubos curvos, Número de Dean, PCM, Calor Latente

---

## MODELAGEM NUMÉRICA DO PROCESSO DE MUDANÇA DE FASE EM PLACAS PARALELAS

**Kamal A.R. Ismail** – kamal@fem.unicamp.br

**Mario Gonzalez** – mario.gonzalez@pantokrator.org.br

Universidade Estadual de Campinas, Departamento de Engenharia Térmica e Fluidos

**Carlos T. Salinas** – csalinas\_99@yahoo.com

Universidade de Taubaté, Departamento de Engenharia Mecânica

A3403 - Termoacumulação

**Resumo.** No presente trabalho estuda-se numericamente o fenômeno de solidificação de um PCM em placas paralelas que compõem um banco de gelo. Parâmetros importantes como o espaçamento entre as placas, a temperatura da placa, a temperatura do fluido de trabalho e a vazão, são considerados numa faixa variável. Desenvolveu-se um modelo numérico para simular o processo de solidificação com o objetivo de determinar a posição da frente de solidificação e a distribuição de temperaturas na fase sólida, além de avaliar a influência dos parâmetros considerados. As equações governantes, considerando transferência de calor unidimensional, foram discretizadas utilizando o método de diferenças finitas e o esquema modificado de espaço de tempo variável (MVTs) para a resolução da malha computacional. Considera-se a temperatura inicial do PCM igual à da solidificação e com propriedades constantes. A modelagem da solidificação foi feita para os casos de temperatura da superfície da placa constante e variável. Para validar o modelo numérico, foi construída uma bancada experimental onde foram feitos diversos experimentos com os parâmetros mencionados anteriormente. Os resultados numéricos obtidos foram analisados e comparados. Estes mostraram concordância satisfatória com os resultados experimentais para a modelagem realizada com temperatura da placa variável. Os resultados deste trabalho podem ser utilizados para o projeto de armazenadores de calor latente em geometrias planas.

**Palavras-chave:** Modelagem numérica, Mudança de Fase, Placas Paralelas, Bancos de Gelo.

---

## COMPARAÇÃO DO CONSUMO ENERGÉTICO ENTRE SISTEMAS COM E SEM TERMOACUMULAÇÃO NO CONDICIONAMENTO DE AMBIENTES

**Klicia Araújo Sampaio** – klicia@fea.unicamp.br

**Vivaldo Silveira Junior** – Vivaldo@fea.unicamp.br

Universidade Estadual de Campinas, Departamento de Engenharia de Alimentos

**Marcos Rodrigues Amorim Afonso** – m.r.a.Afonso@gmail.com

Universidade Federal do Ceará, Departamento de Engenharia de Alimentos

A3404 - Termoacumulação

**Resumo.** Os equipamentos e sistemas que fornecem conforto térmico e qualidade do ar interno para ambientes comerciais, consomem cerca de 42 % do total de energia usada em ambientes acondicionados sendo, portanto o ponto principal nas discussões sobre consumo energético. Os sistemas de termoacumulação têm como principal objetivo a racionalização da demanda de energia elétrica, devido à utilização da mesma em períodos de baixa demanda, além da redução do investimento inicial. A acumulação do “frio” pode ser feita através de bancos de água ou bancos de gelo, sendo que estes últimos têm elevada capacidade de armazenamento de “frio”, devido à mudança de fase. As lógicas de controle convencionais são largamente utilizadas de acordo com a necessidade do processo. Neste trabalho utilizou-se um sistema de termoacumulação com banco de gelo e um sistema sem termoacumulação para o condicionamento da temperatura de diferentes ambientes. A temperatura de cada ambiente foi controlada através da lógica de controle On-off que atuou na distribuição da água gelada. O consumo energético foi medido nas etapas de carga e descarga destes sistemas. Pôde-se verificar além da redução do barulho, a economia de custos no faturamento mensal de energia elétrica.

**Palavras-chave:** Termoacumulação, On-off, consumo energético.

---

## NUMERICAL AND EXPERIMENTAL STUDY WITH RADIAL FINS

**Kamal Abdel Radi Ismail** – kamal@fem.unicamp.br

**Raquel da Cunha Ribeiro da Silva** – raquelcrs@fem.unicamp.br

**Raykleison Igor Reis Moraes** – raykleison@fem.unicamp.br

**Universidade Estadual de Campinas, Departamento de Energia Térmica e Fluidos-DETF.**

A3405 – Termoacumulação

**Abstract** The objective of the present study is to investigate the effects of the radial fins on the time for complete solidification, velocity of the solidification front and the solidified mass fraction in the case of a horizontal cylinder submersed in the PCM with the cold working fluid flowing into the cylinder. A conduction model is developed to represent the horizontal cylinder and was solved numerically by using the finite difference approximation associated with finite control volumes model. The program was tested and optimized to make the program independent of the grid size. Numerical tests were realized to investigate the effects of the working fluid temperature, mass flow, the fin thickness, diameter and fin spacing, on the time for complete solidification, fraction solidification mass and velocity of the solidified front. In order to validate the numerical results and the proposed model, an experimental set up was constructed and instrumented. The mass flow rate was measured by an orifice plate coupled to a differential transducer. Calibrated thermocouples were distributed radially and axially between two consecutive fins. Photographs were taken during the experiments of the solidification front, the solidified mass. Measurements were compared with the numerical predictions and the agreement was found satisfactory. The results are presented and discussed.

**Key Words:** Radially finned cylinder, phase change, storage system, externally finned horizontal tube

---

## ENSINO DE ENGENHARIA ATRAVÉS DE PROJETOS DE RESPONSABILIDADE SOCIAL NA ÁREA DE HVAC-R

**Antonio Luis de Campos Mariani** – camposmariani@gmail.com

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia Mecânica

### A3501 - Gerenciamento e Uso de Energia

**Resumo.** O processo de aprendizagem dos conceitos estudados em cursos de engenharia tem sua eficiência ampliada quando ocorre com a aplicação do conhecimento na realização de um projeto concreto. Outro importante fator para este aumento de eficiência é garantir o envolvimento e motivação dos estudantes universitários no desenvolvimento de trabalhos. Uma experiência positiva, que tem sido realizada na Escola Politécnica da USP, é motivar os alunos a adotarem em seus projetos temas que são originários de necessidades identificadas junto às instituições e organismos representativos de uma comunidade ou da sociedade em geral. São identificados como projetos com temas socialmente responsáveis. Nestes casos encontram-se, em geral, alunos mais envolvidos, e valorizados durante o processo de desenvolvimento. Dentro deste escopo diversos projetos realizados são da área de Ar Condicionado, Ventilação, Aquecimento e Refrigeração. A proposta deste artigo é descrever aspectos relacionados com o processo de adoção dos temas, a motivação, o desenvolvimento e os resultados obtidos, através da apresentação de exemplos já realizados. Fazer a discussão dos resultados obtidos, não apenas em termos técnicos, mas em termos sociais e na formação dos alunos autores envolvidos. Os casos escolhidos para exemplificar são: Estudo de soluções para o conforto térmico no prédio de uma creche, Sistema de exaustão e filtragem aplicado ao processo de fabricação de bonecos de pano em um ONG, Sistema de resfriamento do fluido de irrigação do olho durante a cirurgia de catarata e Chaminés para fogões em casas da área rural.

**Palavras-chave:** Ensino de Engenharia, Projetos, Responsabilidade Social

---

### ANÁLISE DA UMIDADE RELATIVA DO AR E DA TEMPERATURA SUPERFICIAL INTERNA DE PAREDES EXTERIORES ATRÁS DE CORTINAS E ESTANTES VERTICAIS EM MADEIRA DE EDIFICAÇÕES NA CIDADE DE PORTO ALEGRE

**Dr. Eduardo Grala da Cunha** – egcunha@upf.br

Faculdade de Engenharia e Arquitetura, Universidade de Passo Fundo, Brasil

**Dr. Karin Vaupel** – vaupel@uni-kassel.de

**Dr. Rolf-Michael Lüking** – lueking@uni-kassel.de

Faculdade de Arquitetura, Universidade de Kassel, Alemanha

### A4301 - Envoltória da Edificação

**Resumo.** O trabalho apresenta uma análise da umidade relativa do ar e da temperatura de bulbo seco na superfície interna de paredes exteriores, atrás de cortinas e estantes em madeira, com base nas prescrições normativas das normas alemãs DIN 4108-2, DIN 4108-3, DIN EN ISO 13788, DIN ISO 10211-1, e no projeto de norma DIN 4108-8. A partir da análise da temperatura e umidade relativa do ar nas superfícies é possível verificar a situação dos fechamentos em relação à formação de mofo, bolor e condensação. As paredes analisadas possuem um coeficiente global de transmissão térmica de  $2,5 \text{ W.h/m}^2\text{°C}$  e  $3,7 \text{ W.h/m}^2\text{°C}$ , estando de acordo com a NBR 15220 e o projeto de norma PNBR 01.136.01. O artigo está dividido em 4 partes. Na primeira, são caracterizadas o contexto climático de inserção da pesquisa e uma repertorização no sentido da formação de mofo e bolor em superfícies verticais e horizontais. Na segunda parte é calculada a umidade relativa do ar e a temperatura superficial nas proximidades da face interior das paredes externas das edificações atrás de cortinas e estantes em madeira. Na última parte do artigo são apresentados os valores máximos do coeficiente global de transmissão térmica para paredes exteriores localizadas na cidade de Porto Alegre, considerando o objetivo de evitar a formação de mofo e bolor.

**Palavras-chave:** Formação de mofo e bolor atrás de cortinas, Formação de mofo e bolor atrás de estantes de madeira, Mofo e bolor.

## ANÁLISE DA UMIDADE RELATIVA DO AR E DA TEMPERATURA SUPERFICIAL INTERNA DE PAREDES EXTERIORES VERTICAIS EM MADEIRA DE EDIFICAÇÕES LOCALIZADAS NA CIDADE DE PORTO ALEGRE, RS

**Dr. Eduardo Grala da Cunha** – egcunha@upf.br

Faculdade de Engenharia e Arquitetura, Universidade de Passo Fundo, Brasil

**Dr. Karin Vaupel** – vaupel@uni-kassel.de

**Dr. Rolf-Michael Lüking** – lueking@uni-kassel.de

Faculdade de Arquitetura, Universidade de Kassel, Alemanha

A4302 - Envoltória da Edificação

**Resumo.** O trabalho apresenta uma análise da umidade relativa do ar e da temperatura de bulbo seco na superfície interna de paredes exteriores, com base nas prescrições normativas das normas alemãs DIN 4108-2, DIN 4108-3, DIN EN ISO 13788, DIN ISO 10211-1, e no projeto de norma DIN 4108-8. A partir da análise de temperatura e umidade relativa do ar nas superfícies é possível verificar a situação dos fechamentos em relação à formação de mofo e bolor, e condensação. As paredes analisadas possuem um coeficiente global de transmissão térmica de  $2,5 \text{ W.h/m}^2\text{°C}$  e  $3,7 \text{ W.h/m}^2\text{°C}$ , estando de acordo com a NBR 15220 e o projeto de norma PNRB 01.136.01. O artigo está dividido em 4 partes. Na primeira, são caracterizadas o contexto climático de inserção da pesquisa e uma repertorização no sentido da formação de mofo e bolor em superfícies verticais e horizontais. Na segunda parte é calculada a umidade relativa do ar e a temperatura superficial nas proximidades da face interior das paredes externas das edificações. Na última parte do artigo são apresentados os valores máximos do coeficiente global de transmissão térmica para paredes exteriores localizadas na cidade de Porto Alegre, considerando o objetivo de evitar a formação de mofo e bolor.

**Palavras-chave:** Formação de mofo e bolor, umidade em paredes, Mofo e bolor.

---

## COMPORTAMENTO ÓTICO DOS POLICARBONATOS TRANSLÚCIDOS FRENTE À RADIAÇÃO SOLAR

**Joaquim Cesar Pizzutti dos Santos** – joaquim@smail.ufsm.br

Universidade Federal de Santa Maria, Departamento de Estruturas e Construção Civil

**Mauro Roberto Fernandes** – mauro@iqsc.usp.br

Universidade de São Paulo, Instituto de Química de São Carlos

A4303 - Envoltória da Edificação

**Resumo.** Duas das principais características a serem consideradas no processo de especificação dos materiais transparentes e translúcidos, são o Fator de Calor Solar e a Transmitância da Luz Visível, que servem como parâmetro para o cálculo dos ganhos de calor e disponibilidade de luz natural em um ambiente, respectivamente. Este trabalho apresenta resultados destes parâmetros para grande número de polycarbonatos translúcidos usados no Brasil. Foram realizados ensaios em espectrofotômetro, para incidência normal, obtendo-se a curva de variação da transmissão e da reflexão na faixa espectral entre 300 e 2000 nm. A partir da integração destas curvas, ponderadas em relação a um espectro solar padrão, foram obtidos valores de refletância e transmitância das amostras para o espectro total e separadamente para as regiões do ultravioleta, visível e infravermelho. Os valores para o espectro total são usados no cálculo do Fator de Calor Solar, e os da re-

gião do visível são os valores da Transmitância da Luz Visível. A análise do comportamento espectrofotométrico das curvas resultantes e a utilização dos dados obtidos permitem ao projetista uma avaliação mais apurada do impacto do uso de diferentes tipos de policarbonatos translúcidos sobre o comportamento térmico e da iluminação natural da edificação.

**Palavras-chave:** Policarbonatos Translúcidos, Fator de Calor Solar, Transmitância da Luz Visível

---

## MOULD GROWTH RISK IN CONDITIONED OFFICE BUILDING

**Roberto Zanetti Freire** – roberto.freire@pucpr.br

**Rogério Marcos Barbosa** – rogerio\_mbarbosa@yahoo.com.br

**Marc Olivier Abadie** – marc.abadie@pucpr.br

**Nathan Mendes** – nathan.mendes@pucpr.br

Pontifical Catholic University of Paraná - PUCPR, Thermal Systems Laboratory – LST

Rua Imaculada Conceição, 1155 – Curitiba – PR – 80215-901 – Brazil

Phone: +55-41-3271-1322

A4304 - Envoltória da Edificação

**Abstract.** *Due to the fact of indoor air conditions and thermal comfort are certainly the main aspects when health and productivity are taken into account in office buildings especially when they are situated in hot and humid climates. This paper presents a case study which has been elaborated to test a generic and flexible computational algorithm developed to integrate models for the HVAC systems, hygrothermal building and mould growth risk. Thought simulation comparisons of a free-floating temperature and relative humidity case and by using the HVAC system, this paper showed the possibility of reduce mould growth by the wall drying effect. Results are presented in terms of the evaluation of the Mould Growth Risk (MGR) index, indoor air and wall surface temperature and relative humidity.*

**Keywords:** *Mould growth, HVAC systems, Moisture, Hygrothermal simulation.*

---

## ESTUDO DA ENVOLTÓRIA COM BASE NOS CONCEITOS GREEN BUILDING

**Maria Fernanda Martinez** - fernanda@eficientysul.com.br

**Paulo Otto Beyer** - paulo.beyer@ufrgs.br

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, UFRGS

**Marta Baltar Alves** - marta@eficientysul.com.br

EficientySul Projetos de Eficiência Energética

**Luís Alberto Pereira** - lpereira@pucrs.br

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, PUCRS

A4305 - Envoltória da Edificação

**Resumo.** Nos últimos anos, as alterações na estrutura do setor elétrico e o aumento do valor das tarifas fez com que fossem desenvolvidos programas e projetos visando a estabelecer uma nova conscientização para o uso eficiente da energia elétrica. Programas com estas características também estão sendo implantados na construção civil visando reduzir o consumo de energia, como é o caso das construções verdes e sustentáveis, conhecidas por sua denominação em língua inglesa *green building*. Para avaliar se estas construções foram construídas e funcionam de modo ambientalmente correto, foi criado pelo Conselho Norte-Americano de Construção Verde, o selo LEED. Este artigo tem

como objetivo mostrar meios de redução do consumo de energia elétrica com o sistema de condicionamento ambiental e ao mesmo tempo garantir níveis adequados de conforto térmico aos usuários dos edifícios que buscam obter certificação LEED. As análises foram de desempenho energético realizadas através de simulações computacionais, feitas com o auxílio do programa EnergyPlus, por meio do qual foi possível verificar que alterando parâmetros construtivos, como a utilização de brises, uso de vidros laminados, e tela externa de proteção, o consumo energético do edifício pode ser reduzido significativamente. Para o caso apresentado esta redução chegou a 58%.

**Palavras-Chave:** Conforto Térmico, Consumo de Energia Elétrica, Edifício Verde, Energyplus, Simulações.

---

## LÓGICA FUZZY APLICADA AO CONTROLE DE UM CHILLER ADSORTIVO A ENERGIA SOLAR E GÁS NATURAL

**Anselmo de Oliveira Carvalho** – ansemp@veloxmail.com.br

**Antonio Pralon Ferreira Leite** – antpralon@yahoo.com.br

**Francisco Antonio Belo** - belo@les-ufpb.br

Universidade Federal da Paraíba – LES- Laboratório de Energia Solar.

A4601 - Projetos e Aplicação de Controles

**Resumo:** A utilização de sistemas de refrigeração e climatização tem sido nos últimos anos muito importante para a humanidade e hoje é indispensável para a conservação e processos de transformação de alimentos, bem como, o conforto térmico humano. Em todas estas aplicações tem-se procurado o aumento da eficiência energética das instalações frigoríficas, considerando que a energia consumida causa um impacto muito grande nos custos das indústrias e principalmente nas instalações comerciais e residenciais. Tem-se buscado também alternativas para substituir os fluidos refrigerantes nocivos ao meio ambiente, ou seja, os CFCs, HCFCs e HFCs. Este trabalho apresenta o estudo que prevê a utilização da energia solar e do gás natural como fontes de energia alternativa à energia elétrica nos processos de refrigeração que não utiliza os gases halogenados e introduz controles automáticos, confiáveis e de baixo investimento, desenvolvidos através da Lógica “Fuzzy”, para maximizar o uso da energia solar, mesmo em dias parcialmente nublados e diminuir consideravelmente o uso do gás natural e assim viabilizar economicamente o uso de um “chiller” de um sistema de climatização por adsorção, que utiliza como fonte de calor a energia solar e o gás natural.

**Palavras chaves:** Refrigeração, adsorção, “fuzzy”, energia solar e gás natural.

---

## INTEGRAÇÃO DE SISTEMAS DE CONTROLE DE CONFORTO TÉRMICO COM SISTEMAS DE CLIMATIZAÇÃO

**Gustavo von Dentz** – gustavo.dentz@gmail.com

**Karine Bauer** – kaka\_bauer@yahoo.com.br

**Gustavo H. da Costa Oliveira** - gustavo.oliveira@pucpr.br

Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Centro de Ciências Exatas e Tecnologia - PPGEPS

**Nathan Mendes** - nathan.mendes@pucpr.br

Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Centro de Ciências Exatas e Tecnologia - PPGEM

A4602 - Projeto e Aplicação de Controles

**Resumo.** Este artigo aborda o problema de controle de conforto térmico em edificações com sistemas de climatização HVAC (Heating, Ventilation and Air Conditioning). Na busca pelo conforto térmico, um grande número de índices foram estabelecidos para análise de edificações e projetos de sistemas de controle para equipamentos de climatização. Neste trabalho, utiliza-se o índice de conforto denominado PMV (Predicted Mean Vote). Baseado no PMV, descreve-se uma estratégia de controle de sistemas de climatização onde a sinal de realimentação é o PMV, em substituição à realimentação da variável controlada do sistema. Para integração de sistemas de controle contínuo em equipamentos de climatização intrinsecamente discretos na entrada, apresenta-se a estratégia de Modulação por largura de pulso adaptativa PMAC (Pulse Modulation Adaptive Controller). Detalhes da interface homem máquina para este sistema são apresentados e resultados de simulação ilustram a estratégia proposta.

**Palavras-chave:** Conforto Térmico, Ar-Condicionado, Controle Adaptativo.

---

## REDUÇÃO DE TROCA TÉRMICA E AUMENTO DE CUSTOS CAUSADOS PELA IMPUREZA DAS ÁGUAS INDUSTRIAIS UTILIZADAS EM SISTEMAS DE RESFRIAMENTO E GERAÇÃO DE VAPOR

**Tatiana Costa de Oliveira Rocha** – tatiana@dijan.com.br  
Universidade Luterana do Brasil – ULBRA – Departamento de Química

A4801 – Tratamento de Águas

**Resumo.** O trabalho trata do entendimento da importância do controle da qualidade da água de utilidades em sistemas de resfriamento e geração de vapor, através de programas de tratamentos químicos. A motivação para um estudo mais aprofundado do tema deu-se pela verificação da falta de informação que as empresas possuem de seus bens imobilizados, não tendo consciência da perda financeira causada pela falta de controle químico das águas de utilidades empregadas em seus processos, esta falta de informação acarreta deficiência dos equipamentos, gerando perdas de troca térmica, entre outros e, conseqüentemente, perda de lucro. Dentre este contexto, este trabalho apresenta os seguintes objetivos: relacionar os parâmetros de ligação entre águas de make-up (reposição, alimentação) e incrustações; verificar o tipo de incrustação e sua relativa diminuição na condutividade térmica dos equipamentos e, conseqüentemente, o aumento de consumo de energia (luz, água, óleo, gás, lenha), através de cálculos teóricos, baseados em dados reais. A metodologia aplicada para esta investigação foi à coleta de amostras em empresas selecionadas, realização de ensaios físico-químicos e análise dos resultados, confrontados com os dados das vistorias técnicas realizadas nos equipamentos os quais serão apresentados aos participantes.

**Palavras-chave:** Tratamento de Águas, Troca Térmica, Desempenho, Condutividade, Incrustações.

---

## METODOLOGIA PARA ENSAIOS DE RESFRIADORES DE AR EVAPORATIVOS DIRETOS POR SUPERFÍCIE MOLHADA

**José Rui Camargo** – rui@unitau.br  
**Ederaldo Godoy Junior** – godoyjr@unitau.br  
Universidade de Taubaté, Departamento de Engenharia Mecânica

A5101 - Resfriamento Evaporativo

**Resumo.** Um resfriador evaporativo direto por superfície molhada é um equipamento que promove o resfriamento do ar por meio da evaporação de água. Consiste, normalmente, de um gabinete no qual são instalados um elemento evaporativo (painel de contato), ventiladores que movimentam o ar e bombas para recirculação da água. O meio evaporativo é uma superfície sólida, mantida em contato com a água e através do qual flui o ar que será resfriado. Este trabalho apresenta uma metodologia adaptada da ANSI/ASHRAE Standard 133/2001 (Method of Testing Direct Evaporative Air Coolers) para ensaio em campo de resfriadores evaporativos. Os ensaios têm por objetivo a determinação de todos os dados necessários para o levantamento das “curvas de desempenho” do equipamento. O resultado dos ensaios são apresentados em gráficos, tendo o fluxo de ar como abscissa e, como ordenada, a eficiência de saturação, a pressão estática diferencial e a potência total consumida. São apresentadas, além da metodologia para a medição da vazão de ar, temperaturas, pressões e potências consumidas, as equações para correção das variáveis para condições padrão e os resultados de testes realizados em um equipamento comercialmente disponível.

**Palavras-chave:** Resfriador evaporativo, Painel de contato, Metodologia de ensaio, Normas Técnicas

---

## UTILIZAÇÃO DA FIBRA DE COCO COMO PAINEL ALTERNATIVO EM SISTEMAS DE REFRIGERAÇÃO EVAPORATIVA DIRETA

**Elias Fonseca de Freitas** – eliasff@gmail.com

**Miguel Cechinato** – mcechinato@hotmail.com

**João Pimenta** – pimenta@unb.br

Universidade de Brasília, Departamento de Engenharia Mecânica, LaAR-Laboratório de Ar condicionado e Refrigeração (www.laar.unb.br)

### A5102 - Resfriamento Evaporativo

**Resumo.** O presente trabalho descreve uma investigação experimental para a avaliação de painéis evaporativos de fibra de coco de diferentes geometrias, a serem utilizados em sistemas de refrigeração adiabática. Uma bancada de ensaios foi montada e instrumentada tendo em vista como principais objetivos: Analisar testes feitos com os painéis comerciais, a fim de avaliar suas características de transferência de calor e massa; Coletar dados, como temperaturas de bulbo seco e bulbo úmido, pressão estática a montante e a jusante do painel e a vazão de ar; Elaborar painéis a partir da manta de fibra de coco e calcular seus coeficientes de transferência de calor e massa e a perda de carga; Comparar os resultados dos painéis alternativos com o painel de celulose e avaliar suas viabilidades. Os dados experimentais obtidos para os painéis comerciais de celulose foram empregados para validar a metodologia usada, bem como para dispor de uma referência de desempenho em termos de efetividade, coeficientes de transferência de calor e de massa e a queda de pressão dos painéis alternativos propostos neste trabalho. Os testes realizados com os painéis de fibra de coco apresentaram altos coeficientes de transferência de calor e massa, além de uma eficiência próxima à eficiência do painel comercial.

**Palavras-chave:** Resfriamento evaporativo, Fibras naturais, transferência de calor, transferência de massa.

---

## ESTUDO TEÓRICO SOBRE PERFORMANCE DO SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO POR ABSORÇÃO

**Igor Marcel Gomes Almeida** – igormarcel2002@yahoo.com.br  
Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Departamento de Engenharia Mecânica

F0101 - Termodinâmica e Ciclos de Refrigeração

**Resumo.** Este artigo apresenta um estudo teórico sobre o desenvolvimento tecnológico do sistema de refrigeração por absorção na produção do frio em aplicações industriais e de condicionamento de ar. Aproveita uma seleção bibliográfica para o estado da arte na última década. O campo teórico compreende três áreas de pesquisa: 1) parâmetros termodinâmicos e parâmetros químicos, 2) inovação tecnológica para os estágios, efeitos e projeto geométrico de instalações para o ciclo de absorção, 3) pesquisa de fluidos de trabalho. O artigo conclui indicando desafios do desenvolvimento tecnológico para o ciclo de absorção em estudos futuros.

**Palavras-chave:** Ciclo de absorção, Coeficiente de performance, Eficiência teórica, fluidos de trabalho, inovações tecnológicas

---

### ANÁLISE EXPERIMENTAL DE UMA BOMBA DE CALOR POR ABSORÇÃO QUEIMANDO GÁS LIQUEFEITO DE PETRÓLEO PARA AQUECIMENTO DE ÁGUA E USANDO ÁGUA COMO FONTE DE CALOR

**Yipsy Roque Benito** - gipsyrb@aluno.puc-rio.br  
**Aldo Falconi Filho** - aldo.falconi@mec.puc-rio.br  
**Carlos Eduardo Nascimento** - carlos.edu2007@gmail.com  
**Igor Magalhães de Oliveira Velho** - igorvelho20@gmail.com  
**Frank C. Pruzaesky** - pruza@puc-rio.br  
**José Alberto R. Parise** - parise@puc-rio.br  
Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Engenharia Mecânica  
**José Viriato C. Vargas** - jvargas@demec.ufpr.br  
Universidade Federal do Paraná, Departamento de Engenharia Mecânica

F0102 - Termodinâmica e Ciclos de Refrigeração

**Resumo:** Um aparato experimental, consistindo de uma bomba de calor por absorção, tipo água-água, de 5TR de capacidade, com  $\text{NH}_3\text{-H}_2\text{O}$  como fluido de trabalho, queimando gás liquefeito de petróleo, com um número de regenerações internas, e operando entre dois reservatórios térmicos foi montada e testada. Condições de operação incluíram as temperaturas dos reservatórios térmicos, frio e quente, operando entre as temperaturas de 10 a 15 °C e 30 a 40 °C e vazões mássicas de água (fluxos frio e quente) entre 10 e 30 L/min. Os resultados experimentais permitiram uma avaliação do comportamento térmico do sistema quando operando em diferentes condições de operação.

**Palavras-chave:** Bomba de calor, aquecimento, ciclo de absorção

---

### DESENVOLVIMENTO DE UM APARATO EXPERIMENTAL PARA O ESTUDO DA TRANSFERÊNCIA DE CALOR E MASSA NO PROCESSO DE ABSORÇÃO DE SOLUÇÕES DE $\text{H}_2\text{O-LiBr}$

**José de Araújo Fonseca Jr.** – zkaraujo@unb.br

**João Pimenta** – pimenta@unb.br

Universidade de Brasília, Departamento de Engenharia Mecânica, LaAR-Laboratório de Ar condicionado e Refrigeração (www.laar.unb.br)

### F0103 - Termodinâmica e Ciclos de Refrigeração

**Resumo.** *Tem-se observado um renovado interesse em sistemas de refrigeração por absorção, devido às crescentes preocupações com questões energéticas e ambientais relacionadas ao uso da refrigeração e do ar condicionado. Equipamentos de refrigeração por absorção são maiores e mais pesados que seus equivalentes utilizando o ciclo de compressão de vapores. O desenvolvimento de equipamentos por absorção compactos, requer a intensificação do processo de absorção do vapor d'água pela solução de água-brometo de lítio. A necessidade de aprofundamento nessa questão tem motivado estudos recentes, os quais inserem-se em duas correntes principais, disponíveis na literatura aberta. A primeira relaciona-se com o fluido de trabalho pela adição de aditivos àqueles já consagrados ou mesmo pelo emprego de fluidos alternativos. A segunda corrente está centrada na pesquisa de novas geometrias de superfícies de transferência e no formato do absorvedor. Dentro desse último contexto, o presente trabalho apresenta o projeto de uma bancada de ensaios, destinada à caracterização da transferência de calor e massa no processo de absorção em filme vertical descendente de solução água-brometo de lítio. A bancada é projetada de forma a permitir ampla flexibilidade operacional, possibilitando o estudo de superfícies de transferência especiais. São apresentados os detalhes de projeto construtivo e de instrumentação, bem como a metodologia a ser adotada para a obtenção das correlações associadas ao processo de absorção. Tal projeto orientará a construção futura do aparato experimental permitindo aprofundar o conhecimento sobre o tema.*

**Palavras-chave:** *Refrigeração, Absorção, Solução água-brometo de lítio, Filme descendente, Absorvedor vertical, Coeficientes de transferência de calor, Coeficientes de transferência de massa.*

---

### ESCOAMENTO TRANSIENTE EM VÁLVULAS DE COMPRESSORES DE REFRIGERAÇÃO COM VELOCIDADE DE ENTRADA PERIÓDICA

**Sergio Antônio Anê Júnior** – jr\_anhe@hotmail.com

**José Luis Gasche** – gasche@dem.feis.unesp.br

Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho – Campus de Ilha Solteira

### F0201 - escoamento de Fluidos

**Resumo.** *Em compressores de sistemas de refrigeração, as válvulas de sucção e de descarga são responsáveis pela retenção e escoamento do gás refrigerante da câmara de sucção para o cilindro e do cilindro para a câmara de descarga. Válvulas com pequenos tempos de abertura e fechamento, baixa perda de carga e com baixo retorno de gás são requeridas para aumentar a eficiência do compressor. No presente trabalho, uma análise do escoamento transiente, incompressível, laminar e isotérmico através de um difusor radial representando a válvula é realizada numericamente usando a metodologia de volumes finitos. A integração temporal das equações de Navier-Stokes foi realizada usando a formulação totalmente implícita. O algoritmo SIMPLE aplicado a malhas desenhadas foi usado para tratar o problema do acoplamento pressão-velocidade. O esquema power-law foi utilizado como função de interpolação para os termos convectivo-difusivos. Resultados numéricos para o regime transiente considerando velocidade de entrada periódica foram obtidos para números de Reynolds de 540 e 1080, com amplitude de variação na faixa de 0,2 a 0,5. Re-*

sultados para a força do escoamento atuando sobre o disco frontal foram obtidos e confrontados com dados numéricos disponíveis na literatura, fornecendo boas comparações.

**Palavras-chave:** Compressores, Difusor Radial, Válvulas

---

## ESTUDO NUMÉRICO DO ESCOAMENTO DE FLUIDOS EM DIFUSORES RADIAIS

**William Araujo Jacques** – william.jacques@pucpr.br

**Viviana Cocco Mariani** – viviana.mariani@pucpr.br

Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica

F0202 - Escoamento de Fluidos

**Resumo.** Neste artigo é discutida a análise numérica dos dados provenientes da simulação do escoamento turbulento de fluidos newtonianos em difusores radiais. Os dispositivos físicos avaliados possuem uma arquitetura similar a de válvulas automáticas com palheta paralela ao assento, usualmente empregadas como componentes básicos de compressores herméticos utilizados em sistemas de refrigeração. Os resultados obtidos com as simulações computacionais, quando comparados às informações publicadas na literatura especializada, sugerem uma correlação limítrofe adequada entre o comportamento sugerido por modelos de turbulência a duas equação - particularmente RNG K-Epsilon, Hoffman e Hassid-Poreh - e o fenômeno mecânico de transporte do fluido considerado. As equações diferenciais parciais governantes, que descrevem matematicamente a dinâmica evolutiva do sistema, foram discretizadas segundo o método dos volumes finitos. O software desenvolvido para a experiência foi codificado na linguagem FORTRAN 90.

**Palavras-chave:** Análise Numérica, Escoamento Turbulento, Válvulas Automáticas, Difusores Radiais, Compressores Alternativos

---

## COEFICIENTE GLOBAL DE INTERCAMBIO DE CALOR DE LA PASTA DE HIELO EN UN INTERCAMBIADOR DE CALOR DE PLACAS

**M. Alejandra Rodríguez A., M. Ángela Vukovich M.**

**José A. Aguilar F.** - franco1986@gmail.com

**Juan J. Milón G.** - milonjj@ucsp.edu.pe

Universidad Católica San Pablo, Perú.

**Sergio L. Braga** - slbraga@mec.puc-rio.br

Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Brasil.

F0301 - Intercambio de Calor

**Resumen** - Muchos trabajos se han desarrollado con la intención de determinar el verdadero valor coeficiente de intercambio de calor ( $U$ ) de la pasta de hielo en un intercambiador de placas, sin embargo los procedimientos experimentales no garantizan que dentro del intercambiador la pasta de hielo permanezca en su estado original, dando como resultado un valor "promedio" del  $U$  de la pasta de de hielo y la solución acuosa. En el presente trabajo se desarrolla un procedimiento experimental el cual garantiza que durante el intercambio de calor la pasta de hielo se mantenga con un mínimo de fracción de hielo, determinando un valor mas real del  $U$ . Valores del coeficiente global de intercambio de calor han sido determinados para diferentes fracciones de hielo, en Pasta de hielo elaborada con alcohol etílico y Sal comercial.

**Palabras Clave:** Pasta de hielo, Coeficiente global de intercambio de calor, Intercambiador de placas

---

## PROJETO E ANÁLISE TÉRMICA DE UM TUBO DE CALOR

**Paulo Alison Sousa Pessoa** – pauloalison@msn.com

**Vinicius Angelo dos Santos Prata** – viniciusufrn@gmail.com

**Adriano Silva Belisio** – abelisio@yahoo.com.br

**Cleiton Rubens Formiga** – cleiton@ufrnet.br

**Francisco de Assis Oliveira Fontes** – francisfontes@uol.com.br

Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Programa de Pós Graduação em Engenharia Mecânica – PPGEM

F0302 – Transferência de Calor

**Resumo.** A presente pesquisa teve como propósitos o projeto, desenvolvimento e análise térmica de um tubo de calor de baixo custo. Com o dimensionamento térmico do protótipo, foram selecionados o fluido de trabalho, o revestimento capilar e o material do tubo. Na construção do heat pipe foram utilizadas técnicas simples e de baixo custo. Uma das extremidades do tubo, de cobre ou aço inoxidável, foi fechada em por processo de brasagem e na outra instalada uma válvula de modo a permitir a aplicação de vácuo e da carga do fluido de trabalho (um gás refrigerante ecológico: água, nitrogênio, R134a etc). A análise térmica do protótipo foi realizada com auxílio de uma bancada de testes computadorizada, desenvolvida no laboratório de Energia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN. Os resultados obtidos revelam boa concordância entre os dados experimentais e os cálculos teóricos.

**Palavra Chave:** tubo de calor, escoamento bifásico, mudança de fase, calor latente, capilaridade

---

## TRANSIENT THERMAL MANAGEMENT OF ELECTRONIC COMPONENTS USING PHASE CHANGE MATERIALS

**Musa M. Radwan** - musaradwan@yahoo.com

**Ziad Salah Zarem**

**Almabrouk Mansour**

Department of Mechanical Engineering, Academy of Post Graduate Studies, Tripoli, Libya

F0303 - Heat Transfer

**Abstract.** In this work, a Finite Volume Code has been developed to assess the feasibility of utilizing solid liquid phase change materials as a heat absorbing media for proper control of the surface temperature of high power density electronics specifically Silicon Carbide Devices. In the present study, a multilayered structure of silicon carbide material, phase change materials and a copper base plate were used to model the electronic package. The Numerical model incorporates the enthalpy porosity method to model the latent heat evolution in one and two dimensional cases. The model uses time dependent boundary condition as a periodical heat flux at the top of the wafer and convection heat flux at the bottom side of the copper base plate. The results of the simulations has been presented in terms of the spatial temperature distributions for different power levels, temporal variations of surface temperatures at different power cycles and isotherms of temperature within the micro-channels filled with PCM. The results have indicated that the surface temperature is influenced by the thermal conductivity of the phase change materials as well as by the physical di-

mensions of the micro-channels. Since most of PCM has low thermal conductivity, diamond heat spreaders have been incorporated to enhance the cooling process, this results in lowering the surface temperature of the Silicon Carbide device.

**Key words:** Cooling of Electronics; PCM; Micro channels

---

## **AJUSTE DE UMA CORRELAÇÃO PARA O PERFIL DE ESTRATIFICAÇÃO TÉRMICA EM RESERVATÓRIOS CILÍNDRICOS HORIZONTAIS VIA SIMULAÇÃO NUMÉRICA**

**Darci Luiz Savicki** - darcilus@mecanica.ufrgs.br

**Horácio A. Vielmo** - vielmoh@mecanica.ufrgs.br

**Arno Krensinger** - arno@mecanica.ufrgs.br

Mechanical Engineering Pos-Graduate Program – UFRGS

F0304 - Transferência de Calor

**Resumo** - Em diversos sistemas que envolvem fluido cedendo ou recebendo energia térmica na forma de calor ocorre o fenômeno da convecção natural, onde o movimento do fluido causado por um gradiente de temperatura resulta na formação de um perfil de temperatura estratificado. Por exemplo, em sistema de aquecimento de água por energia solar, este fenômeno ocorre no interior do reservatório térmico, onde a água quente perde energia térmica para o ambiente, tornando-se mais densa e por consequência, desloca-se para o fundo do reservatório. Em trabalhos anteriores (COBEM 2005/07, ENCIT 2006, MERCOFRIO 2006) os autores apresentaram estudos numéricos e experimentais do processo de resfriamento do fluido contido no interior de reservatórios cilíndricos e foi apresentada uma correlação para o grau de estratificação térmica para tais reservatórios. Para a obtenção dos dados foi feita a simulação numérica do processo de resfriamento de um reservatório térmico, utilizando um código computacional tridimensional previamente validado com dados experimentais. Neste trabalho mostra-se que utilizando a correlação para o grau de estratificação em conjunto com um perfil adimensional de estratificação térmica previamente ajustado e usando a lei de resfriamento de Newton, pode-se construir uma expressão para determinar os sucessivos perfis de estratificação térmica no interior de um reservatório no decorrer do processo de resfriamento. Os resultados apresentados podem ser utilizados tanto para prever o perfil de estratificação térmica em reservatórios já existentes, bem como na otimização do projeto de novos modelos.

**Palavras-Chave:** Estratificação térmica, Reservatórios cilíndricos horizontais, Simulação numérica

---

## **DESENVOLVIMENTO DE UM PROGRAMA COMPUTACIONAL PARA CÁLCULO PSICROMÉTRICO DA VAZÃO DE AR**

**Tiago José Bulla** – tiagobulla@yahoo.com.br

**Paulo Otto Beyer** – paulo.beyer@ufrgs.br

Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Departamento de Engenharia Mecânica

**Rodrigo Ghiorzzi Donni** – rgdonni@yahoo.com.br

F0601 - Psicrometria

**Resumo.** Este trabalho trata do desenvolvimento de um programa computacional em linguagem Quick-Basic, destinado ao cálculo psicrométrico da vazão de ar em processos de resfriamento e

desumidificação. A criação do programa foi inspirada no Manual de Ar Condicionado da Carrier, o qual possui uma metodologia de cálculo psicrométrico bastante difundida para obtenção da vazão de condicionadores de ar. No programa foram inseridas as equações psicrométricas do ASHRAE Fundamentals Handbook, aliadas a rotinas de cálculo para obtenção dos resultados desejados. Facultou-se ao usuário do programa a possibilidade de optar por um sistema convencional, com mistura de ar de retorno e ar exterior, ou por um sistema com cem por cento de ar exterior, sem retorno. Além disso, o programa também foi concebido para situações onde o ambiente possua carga latente elevada, caso em que o software diagnostica e calcula reaquecimento, conforme necessário. Foi também criada uma rotina para desenhar a carta psicrométrica na tela com as retas dos processos, de modo que o usuário do programa tenha uma visão gráfica dos resultados obtidos. Por fim, foi feita uma comparação entre resultados obtidos pelo programa e os resultados obtidos com a metodologia de cálculo constante no Manual de Ar Condicionado da Carrier, para alguns exemplos estudados.

**Palavras-chave:** Psicrometria, Programa Computacional, Cálculo da Vazão de Ar, Sistemas de Ar Condicionado, Carta Psicrométrica.

---

## ESTUDO COMPARATIVO ENTRE O VOTO DE SENSAÇÃO TÉRMICA REAL E O MODELO SIMULADO DE PMV

**Luís Felipe Orsatto** – luisfeo@gmail.com

**Eduardo Leite Krüger** – ekruger@utfpr.edu.br

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Departamento de Construção Civil

F0801 - Conforto Térmico

**Resumo.** O presente artigo tem por objetivo comparar os Votos de Sensação Térmica reais com o modelo de simulação baseado no método de Fanger. Pretende-se estabelecer se o modelo simulado condiz com as respostas reais de sensação térmica dos indivíduos. A presente pesquisa é constituída por um estudo de caso realizado com os alunos de uma sala de aula da UTFPR, campus Curitiba. Foram realizadas três medições, sendo uma com o ambiente climatizado por ar-condicionado. Em seguida foram comparadas as sensações térmicas reais dos indivíduos com as simuladas pelo software Analysis CST, que prevê a sensação térmica que o individuo teria.

**Palavras-chave:** Método de Fanger, Analysis CST, Voto de Sensação Térmica, Conforto térmico.

---

## AVALIAÇÃO E COMPARAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE CONFORTO TÉRMICO ENTRE OS BLOCOS “F” E “K” do CCT/UDESC

**Ana Mirthes Hackenberg** - amckeg@terra.com.br, dec2amh@joinville.udesc.br

Laboratório de Meteorologia/Departamento de Engenharia Civil / CCT / UDESC

F0802 - Conforto Térmico

**Resumo** - Neste estudo comparou-se as condições térmicas e sensoriais dos ocupantes de duas edificações acadêmicas, blocos F e K, localizadas em Joinville, no CCT - Centro de Ciências Tecnológicas – UDESC Universidade do Estado de Santa Catarina, utilizadas como salas de aula para estudantes de engenharia e computação. Foram levados em conta as condições construtivas e orientação geográfica dos prédios, além de fatores externos característicos, buscando-se verificar mudanças extremas nas condições a que os blocos são expostos.

Foram aplicados questionários de múltipla escolha a aproximadamente 330 estudantes, contendo perguntas relacionadas a diversos fatores sensoriais e de condições físicas, como peso, idade e altura. As medições das variáveis ambientais foram efetuadas conforme a norma ISO 7726 Fazendo-se uso de ferramentas probabilísticas, relacionou-se a sensação dos indivíduos com as condições térmicas reinantes no local, possibilitando a elaboração de gráficos que representam as evoluções sensoriais de acordo com a temperatura para cada bloco. As plantas baixas de cada sala estudada foram plotadas, posicionando-se nestas cada aluno e este caracterizado conforme a sua sensação térmica no presente momento das medições por meio de uma graduação de cores, possibilitando diretamente a observação de regiões críticas, razoáveis ou ótimas dentro de uma escala normatizada formando uma “mancha de satisfação” em cada ambiente.

Trata-se basicamente de eventos aleatórios, tendo sido conveniente sua análise por métodos probabilísticos, com verificações de correlação entre as variáveis levantadas, além do lançamento de gráficos que se julgaram interessantes, procurando explorar ao máximo o espaço amostral tratado. Os limites de conforto térmico para cada bloco foram encontrados através do ajuste de linhas de tendência em gráficos de dispersão com auxílio de sistemas computacionais.

**Palavras-chave:** conforto térmico – Mancha de satisfação – Limites de Conforto

---

## AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES TÉRMICAS DE TRABALHADORES E ESTUDANTES EM DIFERENTES MICROCLIMAS NO BRASIL

**Ana Mirthes Hackenberg** - amckeg@terra.com.br, dec2amh@joinville.udesc.br

**Robison Negri** - robison\_n@ig.com.br

Laboratório de Meteorologia/Departamento de Engenharia Civil / CCT / UDESC

F0803 - Conforto Térmico

**Resumo** - As sensações térmicas dos trabalhadores de seis indústrias e estudantes de uma universidade em duas regiões, Joinville/SC e Campinas/SP, com características climáticas e controles térmicos diferentes foram avaliadas, utilizando-se a metodologia da ISO, caracterizando o ambiente térmico e o usuário. A temperatura, a umidade e a velocidade do ar e a temperatura radiante média foram medidas de acordo com a norma ISO 7726. A produção de calor metabólico dos usuários foi avaliada conforme a ISO 8996 e a resistência térmica da vestimenta conforme a ISO 9920. A sensação térmica dos usuários foi avaliada, concomitante com as medições ambientais, aplicando-se o questionário da ISO 10551 e calculando-se os índices PMV conforme a ISO 7730 e o I-BUTG conforme a ISO 7243 e a NR15. As respostas dos usuários foram comparadas com as características e condições térmicas das edificações e características dos usuários, levantando correlações para avaliar o conforto térmico nas edificações e a relação entre as variáveis, identificando os fatores que mais afetam as respostas ao ambiente térmico. As respostas mostraram um ajuste razoável com a função senoidal. As curvas de conforto relacionadas ao frio e ao calor, em diferentes ambientes, não foram simétricas. A curva de desconforto ao calor foi mais acentuada, mostrando que nas variações térmicas o desconforto ao calor é sentido mais rapidamente do que ao frio.

**Palavras-chave:** Conforto térmico, Sensações térmicas, Controle térmico, Índices de conforto térmico

---

## ESCOAMENTO DO AR E CONFORTO TÉRMICO EM CABINE DE AERONAVE

**Danilo de Moura** – kenobidan@yahoo.com.br

**Vitor Barbosa Felix**– victor.felix@poli.usp.br

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica da Escola Politécnica da USP

**Israel Belletti Mutt Urasaki** – israel.urasaki@poli.usp.br

Curso de Engenharia Mecânica da Escola Politécnica da USP

**Arlindo Tribess** – atribes@usp.br

Departamento de Engenharia Mecânica da Escola Politécnica da USP

#### F0804 - Conforto Térmico

**Resumo.** *A aviação comercial vem experimentando expressivo crescimento. Embora o número de fabricantes de aeronaves seja reduzido, a competitividade é muito grande. Produzir aeronaves com nível de conforto diferenciado transformou-se em importante ferramenta de marketing e de venda. Função disto, estudos estão sendo realizados em vários centros de pesquisa, em colaboração com a indústria aeronáutica, para melhorar as condições de conforto térmico de cabine. Novas tecnologias de distribuição de ar e de dispositivos de ventilação personalizada estão sendo testadas. Ambientes que reproduzem a cabine de aeronave, os mock-ups, estão sendo construídos e condições de conforto de cabine avaliadas. Neste trabalho é apresentada, inicialmente, uma discussão destas novas tecnologias e dos trabalhos que estão sendo desenvolvidos. Em seguida são apresentados detalhes de mock-up com 12 poltronas (quatro poltronas por fileira) que foi construído para avaliação de condições de escoamento do ar e de conforto térmico de cabine. Finalmente, são apresentados resultados de simulação do escoamento utilizando dinâmica de fluidos computacional (CFD), considerando formas alternativas de distribuição do ar.*

**Palavras-chave:** *Climatização, Conforto Térmico, Escoamento do Ar, Cabine, Aeronave.*

---

### CONFORTO TÉRMICO EM AMBIENTES SEMI-CONFINADOS

**Leonardo Marques Monteiro** – leo4mm@gmail.com

**Marcia Peinado Alucci** – marciaalu@usp.br

Universidade de São Paulo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Departamento de Tecnologia, Laboratório de Conforto Ambiental e Eficiência Energética

#### F0805 - Conforto Térmico

**Resumo.** *Esta pesquisa trata-se de uma verificação empírica comparativa de diferentes modelos de conforto térmico para avaliação de espaços semi-confinados na cidade de São Paulo. O método adotado é dedutivo, por meio de simulações de modelos preditivos, e experimental indutivo, realizando-se levantamentos de campo de variáveis microclimáticas (temperatura do ar, umidade relativa, velocidade do ar, temperatura radiante média), individuais (taxa metabólica e isolamento térmico da roupa) e subjetivas (percepção e preferência de sensação térmica). Os modelos preditivos de conforto térmico foram processados computacionalmente. Para a verificação empírica, dois estudos de caso foram considerados, em dois espaços semi-confinados, com características predominantemente comparáveis a de um ambiente interno e a de um ambiente externo. Realizou-se a aplicação de 886 questionários em um total de 24 situações microclimáticas distintas. Os resultados da simulação computacional foram comparados com os dos levantamentos empíricos. Considerando os resultados finais encontrados, o modelo que se mostrou mais apropriado foi o modelo adaptativo de Temperatura Operativa Neutra. Utilizando os dados empíricos coletados, esse modelo foi calibrado por meio de proposição de uma nova equação que proporciona resultados ainda mais significativos para a predição de conforto térmico em espaços semi-confinados na cidade de São Paulo.*

**Palavras-chave:** conforto térmico, ambientes semi-confinados, modelos preditivos, verificação empírica

---

## **A INFLUÊNCIA DO PROJETO DE VENTILAÇÃO NA SENSAÇÃO DE CONFORTO BASEADO NAS RESPOSTAS DOS QUESTIONÁRIOS DISTRIBUÍDOS A ESTUDANTES UNIVERSITÁRIOS**

**Clélia Mendonça de Moraes** – clélia.moraes@yahoo.com.br

**Kamal Abdel Radi Ismail** – kamal@fem.unicamp.br

Universidade Estadual de Campinas - Unicamp, Departamento de Engenharia Mecânica

F0806 - Conforto Térmico

**Resumo.** O foco de nossa pesquisa foi avaliar sensações de conforto térmico humano e métodos de conforto térmico em salas de aula por uma aproximação experimental com a aplicação de questionário. Também foi verificada a influência no conforto térmico pelos materiais de construção, variáveis climatológicas que consideram a atmosfera interna e externa para reduzir a diferença entre as temperaturas internas e externas. Para isso, nós investigamos os métodos de conforto térmico principais na literatura e tentamos os adaptar à realidade brasileira. Neste trabalho, salas de aula foram investigadas na Universidade de Campinas (UNICAMP) e Universidade de São Paulo (USP) foram monitoradas e os resultados experimentais avaliaram de acordo com o método de M.A Humphreys & Y.F. Nicol (1970). As perguntas propostas aos estudantes foram elaboradas baseado em: 1) o perfil do estudante; 2) condições de conforto térmicas; 3) fatores de desconforto; 4) avaliação pós-ocupação do projeto arquitetônico. Pelas avaliações de método de conforto térmicas no projeto arquitetônico e sensação humana de conforto, é possível avaliar a importância de construções naturalmente ventiladas como uma variável, além disso, a diferença climática que deveria ser usada para adaptar a arquitetura, ser humano e clima. Discute-se a doença de trabalho devido ao projeto de ventilação e os sistemas de refrigeração ou designio de projeto.

**Palavras-chave:** Projeto de ventilação, Sensação de conforto térmico, Métodos de conforto térmico e Humano doenças de trabalho.

---

## **MEDIÇÃO, PREDIÇÃO E ANÁLISE DA CONCENTRAÇÃO DE PARTÍCULAS EM SUSPENSÃO EM UMA SALA CIRÚRGICA**

**Marcelo Luiz Pereira** - marcelo@sj.cefetsc.edu.br

CEFETSC/SJ – Centro Federal de Educação Tecnológica de Santa Catarina

**Danilo de Moura** - danilo.moura2@poli.usp.br

**Victor Barbosa Felix** - victor.felix@poli.usp.br

Programa de Pós Grad. Escola Politécnica - Universidade de São Paulo - Dep. Eng. Mecânica

**Arlindo Tribess** - atribess@usp.br

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - Departamento de Engenharia Mecânica

F0901 - Qualidade do Ar Interno

**Resumo.** Durante uma cirurgia, a trajetória do ar pode ser uma fonte significativa de infecção. As partículas que contém microrganismos, e que se mantém dispersas no ar, podem contaminar a ferida cirúrgica depois de se precipitarem diretamente sobre ela, pela contaminação dos instrumentos, por outros materiais cirúrgicos e pelas roupas da equipe cirúrgica. A concentração de partículas

no interior de uma sala cirúrgica é afetada por vários fatores. Desta forma, é de fundamental importância o desenvolvimento de mecanismos de predição, análise e controle para esses agentes. A utilização de modelos matemáticos é uma ferramenta muito eficaz no processo de predição e análise desses contaminantes, bem como, no desenvolvimento de projetos de implantação, avaliações e readequações de instalações existentes. Dessa forma, o objetivo do presente trabalho, consiste em descrever uma metodologia de medição, predição e análise da concentração e tamanho das partículas em suspensão em uma sala cirúrgica com um sistema de ventilação com insuflamento pela parede e retorno próximo ao piso. Para a predição da concentração de partículas no interior da sala, foram obtidos modelos por meio de balanço de massa. Em cada intervalo de predição, os modelos foram alimentados com dados relativos ao ambiente físico e ao sistema de ventilação bem com as concentrações de partículas proveniente das diversas fontes. Também foram realizadas simulações para se verificar os fatores que contribuem para a geração e para remoção das partículas do interior da sala. De forma geral, com base nos resultados obtidos, verificou-se que, na maioria dos casos analisados, os modelos propostos conseguem predizer com boa precisão qual concentração das partículas no interior da sala cirúrgica ao longo tempo. Da mesma forma, foi possível prever com suficiente precisão a contribuição de todos os fatores no processo de geração e remoção das partículas no interior da sala.

**Keywords** : *Operating room, indoor air quality, particle contamination and particle prediction.*

---

## **ESTIMAÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO DE TEMPERATURAS NUM FORNO A GÁS A PARTIR DE IMAGENS DE ENERGIA RADIATIVA**

**Carlos T. Salinas** – csalinas\_99@yahoo.com

Universidade de Taubaté, Departamento de Engenharia Mecânica

F1401 - Medição e Instrumentação

**Resumo.** *A reconstrução da distribuição de temperatura num sistema bidimensional, que contém um meio absorvente e emissor, pode ser feita utilizando um método baseado no processamento de imagens radiativas. Neste método, a energia radiante recebida pelos elementos de formação de imagens (pixels) de uma câmera CCD é dominada pela energia radiante emitida do gás e das paredes dentro do sistema. O cálculo dos valores da taxa de energia radiante recebida pelos elementos da câmera CCD, que foram emitidas de cada elemento do gás e da superfície, pode ser feita com maior precisão utilizando o método de Monte Carlo. Na abordagem numérico-experimental são utilizadas duas câmeras para capturar as imagens de energia radiante na faixa de luz visível. O problema de reconstrução da distribuição de temperatura é resolvido usando um método modificado de Tikhonov. Os valores das propriedades radiativas do meio e das paredes são assumidos. Os resultados da estimação têm boa representatividade física do problema e mostram a aplicabilidade do método. Em futuros trabalhos serão feitas estimativas mais elaboradas utilizando medições experimentais das propriedades radiativas ou pela utilização de métodos de estimação simultânea.*

**Palavras-chave:** *Medição de temperatura, Radiação, Métodos Inversos, Imagens Radiativas*

---

## **OBTENÇÃO DE CURVAS CARACTERÍSTICAS PARA SIMULAÇÃO DE CONDICIONADORES DE AR**

**José Walter Meissner** – jose.meissner@pucpr.br

**Nathan Mendes** – nathan.mendes@pucpr.br

**Kátia C. Mendonça** – k.mendonca@pucpr.br

**Luís Mauro Moura** – luis.moura@pucpr.br

**Marc Olivier Abadie** – marc.abadie@pucpr.br

Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia

#### F1402 - Medição e Instrumentação

**Resumo.** *O trabalho tem como objetivo a obtenção de curvas características de dois condicionadores de ar com sistemas de funcionamento diferentes para que possam ser feitas simulações - em computador utilizando um programa de simulação termoenergética de edificações – a fim de comparar o desempenho dos dois sistemas em condições climáticas reais. O documento descreve a bancada de aquisição, composta pelos condicionadores de ar, calorímetro calibrado, sensores, psicrômetro, sistema de aquisição de dados, software supervisorio, e também relata informações relevantes quanto à obtenção das curvas características de cada condicionador de ar assim como detalhes das simulações feitas em computador. Também é apresentado o procedimento de ensaio para obtenção dos dados referente aos dois aparelhos de condicionador de ar avaliados nas condições que a norma brasileira NBR5882 prescreve e também fora das condições de norma, possibilitando uma melhor avaliação do desempenho dos condicionadores de ar em diversas condições ambientais obtendo maior fidelidade nas curvas características encontradas.*

**Palavras-chave:** *Condicionadores de ar, Simulação, Calorímetro, Ensaio, Curvas Características.*

---

#### ANÁLISE DE UM COMPRESSOR DE CAPACIDADE VOLUMÉTRICA VARIÁVEL PARA APLICAÇÃO AUTOMOTIVA

**Choukri Touati** - chokri.touati@insa-lyon.fr

**Carlos Petroski** - carlospetroski@yahoo.com.br

**Luís Mauro Moura** - Luis.moura@pucpr.br

Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia

#### F1403 - Medição e Instrumentação

**Resumo.** *Apresenta-se uma análise de um compressor de capacidade volumétrica variável utilizado em automóveis (swash plate). Analisa-se a eficiência do sistema em função da capacidade de refrigerante no sistema, da rotação do compressor e das temperaturas de operação. Medidas de fluxo de refrigerante, do fluxo de ar e da capacidade de refrigeração são apresentadas.*

**Palavras-chave:** *Condicionamento de Ar Automotivo, Refrigeração, HVAC.*

---

#### UTILIZAÇÃO DAS LÓGICAS ON-OFF E PID NO CONTROLE DE TEMPERATURA

**Klicia Araújo Sampaio** – klicia@fea.unicamp.br

**Vivaldo Silveira Junior** – Vivaldo@fea.unicamp.br

Universidade Estadual de Campinas, Departamento de Engenharia de Alimentos

**Marcos Rodrigues Amorim Afonso** – m.r.a.Afonso@gmail.com

Universidade Federal do Ceará, Departamento de Engenharia de Alimentos

#### F1501 - Controles

**Resumo.** Os sistemas de termoacumulação tem como principal objetivo a racionalização da demanda de energia elétrica, devido a utilização da mesma em períodos de baixa demanda, além da redução do investimento inicial. Um dos meios mais utilizados para acumulação de calor latente é o gelo, devido a sua maior capacidade de armazenamento de energia em um dado volume e também por ele sempre fundir a temperatura fixa. O comportamento dos diversos controladores convencionais pode variar dependendo das ações implementadas em cada um deles. As lógicas de controle convencionais dos tipos On-off, PI e PID são largamente utilizadas de acordo com a necessidade do processo. Neste trabalho utilizou-se a termoacumulação com banco de gelo e avaliou-se a eficiência da atuação dos controladores On-off e PID no controle da temperatura de três diferentes ambientes, após perturbações ambientais não medidas de carga térmica provocadas pela variação da temperatura ambiente externa e/ou operações de equipamentos, atividades de pessoas e outros.

**Palavras-chave:** Termoacumulação, On-off, PID, temperatura.

---

## PRODUÇÃO DE ÁGUA GELADA E ÁGUA QUENTE A ALTA TEMPERATURA POR SISTEMA DE BOMBA DE CALOR

**Honorato Ccalli Pacco** – honor122@yahoo.com.br

**Luís A. Barbosa Cortez** – cortez@agr.unicamp.br

Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola.

**Clément Vigneault** – vigneault@agr.gc.ca

Agriculture et Agroalimentaire Canada / Agriculture and Agri-Food Canada.

**Rodrigo A. Jordan** –

**Ricardo Baldassin Junior** – baldassin@fem.unicamp.br

**Lincoln de Camargo Neves Filho** – neveslin@fea.unicamp.br

F1901 - Refrigerantes

**Resumo.** O trabalho foi realizado no Laboratório de Termodinâmica e Energia da Faculdade de Engenharia Agrícola- UNICAMP, visa investigar os diferentes gases refrigerantes utilizados em bomba de calor para atingir temperaturas de 2 °C na produção de água gelada no primeiro estágio e 85°C na produção de água quente no segundo estágio. O objetivo é atingir temperatura indicada na água quente em menor tempo possível na operação do sistema de bomba de calor de duplo estágio com compressores abertos Bitzer dos modelos III no primeiro estágio e IV no segundo estágio. Os gases utilizados para os ensaios realizados foram R-413a, R-22, R-123, R-600 e R-600a. As temperaturas iniciais no tanque para água quente e no tanque para água fria foram as mesmas, e o tempo de operação do sistema na produção de água quente e fria foram também as mesmas. Trabalhando-se com gases refrigerantes R-22 e R-600 obteve-se bons resultados para obtenção de água quente e água fria utilizando o sistema indicado.

**Palavras chave:** Bomba de calor, gás refrigerante, água gelada, água quente.

---

## RETROFIT - UM AVANÇO ECOLÓGICO?

**Jorge Colaço** - jorge@recigases.com.br

Recigases Ambiental de Refrigeração Ltda

F1902 - Refrigerantes

**Resumo** - O setor de ar condicionado e refrigeração sempre esteve na vanguarda do movimento ecológico e conseguiu sensibilizar o mundo ao criar o Protocolo de Montreal visando a proteção da camada de ozônio. Conseguiu um certo êxito ao forçar a troca das substâncias usadas no setor, mas não conseguiu o principal: evitar pelo recolhimento/reciclagem dessas substâncias que elas não fossem liberadas na atmosfera. Deixemos claro que nenhum gás de refrigeração é prejudicial ao meio ambiente enquanto permanecer confinado, seja nos equipamentos, seja nas embalagens. Kioto, que tem por objetivo controlar o efeito estufa, também chamado de aquecimento global e a sua maior conseqüência, as mudanças climáticas, ainda não chegou ao nosso setor. Existem três famílias de gases de refrigeração: os CFC's / HCFC's e HFC's. Só os gases das famílias CFC e HCFC atacam o ozônio - os HCFC em proporção mínima, mas todos tem um enorme potencial de aquecimento global, mais conhecido como GWP. Esta característica não é mencionada nas FISP (ficha individual de segurança do produto) e nem divulgada pelos fabricantes de fluidos refrigerantes. Por razões de mercado estão sendo criados vários blends (misturas) e sendo sugeridos como substitutos de gases atualmente em uso. Estas misturas (blends), além de alto poder de efeito estufa (GWP) têm outras características que precisam ser analisadas. O chamado retrofit é a troca pura e simples do uso de um tipo de gás de refrigeração por outro. Muitas vezes tal troca impõe modificações nos equipamentos. Mas, para analisar-mos se esta troca é válida, temos que responder a uma serie de perguntas, apresentadas e debatidas neste trabalho.

**Palavras-chave:** Retrofit, Refrigerantes, Efeito estufa, Degradação do ozônio.

---

## USO DE HIDROCARBONETOS REFRIGERANTES EM APLICAÇÕES RESIDENCIAIS

**João Pimenta** – pimenta@unb.br

Universidade de Brasília, Departamento de Engenharia Mecânica, LaAR-Laboratório de Ar condicionado e Refrigeração (www.laar.unb.br)

F1903 - Refrigerantes

**Resumo.** O uso de hidrocarbonetos como fluido refrigerante em sistemas de refrigeração e climatização residenciais têm se expandido e consolidado nas últimas décadas. Atualmente a busca por refrigerantes que não causem impactos sobre o meio-ambiente tem se concentrado no desenvolvimento de fluidos naturais, entre os quais, os hidrocarbonetos, têm um papel importante a desempenhar, particularmente no segmento residencial. O presente trabalho apresenta uma revisão do uso de hidrocarbonetos em aplicações residenciais, discutindo aspectos técnicos relacionados a seu desempenho energético, custo, condições para uso seguro e perspectivas de pesquisa.

**Palavras-chave:** Refrigerante, Hidrocarbonetos, TEWI, Meio Ambiente, Aquecimento Global

---

## UMA REVISÃO CRÍTICA DO CÁLCULO DO TEWI DE APLICAÇÕES COM FLUIDOS REFRIGERANTES

**Ronay de Andrade Pereira** – ronay@liderar.com.br

**Walter José Pimenta** – wpimenta@unb.br

**João Pimenta** – pimenta@unb.br

Universidade de Brasília, Departamento de Engenharia Mecânica, LaAR-Laboratório de Ar condicionado e Refrigeração (www.laar.unb.br)

F1904 - Refrigerantes

**Resumo.** Diante do desafio imposto à humanidade para a redução da emissão de gases que destroem a camada de ozônio e/ou contribuem para o aquecimento global as pesquisas em sistemas de refrigeração passaram a ter papel significativo e tem conduzido ao desenvolvimento de fluidos refrigerantes naturais que ganham cada vez mais importância mundial. Neste cenário adquire importância a avaliação do impacto causado pelo uso dos fluidos refrigerante sobre o aquecimento global, não só do ponto de vista direto, associado à emissão atmosférica de refrigerantes com elevado GWP (Global Warming Potential), mas também pelo impacto indireto associado à eficiência energética no uso da energia em uma dada aplicação de climatização e refrigeração. Essa abordagem requer a aplicação de índices de impacto específicos como, por exemplo, o TEWI (Total Equivalent Warming Impact), cuja definição abrange a determinação dos impactos diretos e indiretos associados ao uso do fluido refrigerante. No presente trabalho apresenta-se uma revisão crítica do conceito de TEWI, aprofundando em particular a determinação das emissões equivalentes de dióxido de carbono na geração da energia elétrica consumida ao longo da vida do sistema de refrigeração, considerando-se seu desempenho energético quando submetido a diferentes condições de operação. São apresentados resultados da simulação de sistemas de refrigeração por compressão a vapor, de uso doméstico, utilizando fluidos refrigerantes sintéticos, como o HFC134a, e fluidos refrigerantes naturais, como os hidrocarbonetos, em especial o Isobutano (HC600a). Graças a uma avaliação detalhada, a variação da energia consumida ao longo da vida útil do equipamento fornece um resultado mais realista da influência destes fluidos no contexto ambiental..

**Palavras-chave:** Refrigerante, TEWI, Meio Ambiente, Aquecimento Global

---

## COMPARAÇÃO DO DESEMPENHO ENERGÉTICO DO FREON-12, R134A E MP39 EM EQUIPAMENTOS DE REFRIGERAÇÃO

**Joaquim Antonio dos Reis** – jareis@feg.unesp.br

**José Luz Silveira** – joseluz@feg.unesp.br

Universidade Estadual Paulista - Departamento de Energia

F1905 - Refrigerantes

**Resumo.** Este estudo visa comparar o desempenho dos refrigerantes R 134<sup>a</sup>, MP39 e o Freon-12, num sistema de refrigeração por compressão de vapor. São apresentadas as vantagens e desvantagens do uso desses fluidos alternativos sob o ponto de vista termodinâmico. Essa análise é para ajudar na opção mais adequada, quando da substituição. Para uma dada temperatura de condensação (44°C) e evaporação (10°), são comparadas as quantidades de calor desenvolvidas, o trabalho de compressão e o COP do sistema. O desempenho dos refrigerantes são avaliados baseando-se em medidas experimentais. Verificou-se que o MP39 proporciona um aumento na capacidade de refrigeração exigindo, por sua vez, maior potência de compressão, ocasionando um maior consumo de energia que o CFC12 e o R134a. O COP do sistema foi maior usando o MP39, quando comparado com o CFC12 (da ordem de 7%) e menor quando comparado com o R134a (da ordem de 1%).

**Palavras-chave:** Refrigerantes alternativos, retrofit, coeficiente de performance, consumo de energia.

---

## DETALHAMENTO DE PLANILHAS ELETRÔNICAS PARA AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE VENTILAÇÃO NATURAL DE APARTAMENTOS

**Joyce de Amorim Hasten-Reiter** – joycehastenreiter@ctec.ufal.br  
**Alexandre Márcio Toledo** – amt@ctec.ufal.br  
Universidade Federal de Alagoas, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo

#### F2701 - Infiltração e Ventilação

**Resumo.** *A avaliação do desempenho da ventilação natural de edifícios residenciais no trópico quente e úmido é de suma importância para o conforto térmico dos usuários, principalmente nos edifícios não climatizados. A Metodologia de Avaliação Multicritério de Ventilação Natural (MAM-VN) - a qual avalia a ação do vento por meio de quatro itens: abrangência de escoamento, níveis de percurso, localização da cozinha e dos banheiros - tem-se mostrado útil para esse fim. Porém, a MAM-VN foi detalhada apenas para a tipologia de apartamentos de três dormitórios com dez ambientes. O objetivo do presente artigo, desenvolvido como atividade de iniciação científica, foi detalhar a MAM-VN para outras tipologias de apartamentos e também automatizá-la. Utilizaram-se como base tipologias de apartamentos de duas quadras da orla marítima da cidade de Maceio-AL. O detalhamento resultou em vinte e duas diferentes planilhas, decorrentes do número de ambientes de cada apartamento, bem como do ajuste dos níveis de impacto considerados. Os sete níveis de impacto, relativos aos níveis de percurso, em algumas planilhas foram reduzidos para cinco e três. A automação da planilha permitiu maior agilidade na obtenção dos resultados. Pretende-se divulgar amplamente essa Metodologia e disponibilizar as planilhas eletrônicas para uso de estudantes, profissionais e pesquisadores.*

**Palavras-chave:** *Ventilação natural, Avaliação de desempenho, Metodologia de avaliação, Edifícios residenciais.*

---

#### **MELHORIA NO DESEMPENHO DE VENTILAÇÃO NATURAL DE APARTAMENTOS PELO REDESENHO DO SISTEMA DE ABERTURAS**

**José Thadeu Maciel Marques Luz Filho** – thadeu\_luz@ctec.ufal.br  
**Alexandre Márcio Toledo** – amt@ctec.ufal.br  
Universidade Federal de Alagoas, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo

#### F2702 - Infiltração e Ventilação

**Resumo.** *No trópico quente e úmido, a ventilação natural é de suma importância para garantir o conforto térmico dos usuários de edifícios não climatizados, sobretudo os residenciais. A avaliação da ventilação natural pela ação do vento em apartamentos constitui-se em situação complexa, por envolver vários fatores relacionados às condições climáticas, ao entorno natural e construído e a fatores inerentes ao próprio edifício. O objetivo deste artigo foi avaliar o desempenho de ventilação natural de um pavimento tipo de um edifício de apartamentos, comparando-se os desempenhos da situação inicial com alternativa com modificações do sistema de aberturas. A metodologia consistiu na realização de ensaios analógicos de escoamento com maquetes vazadas no equipamento mesa d'água, utilizando o método do traçador e a técnica de injeção direta, seguidos da aplicação da Metodologia de Avaliação Multicritério de Ventilação Natural (MAM-VN) para quatro diferentes direções de vento (NE, L, SE e S). Os resultados mostram que as alterações da quantidade, localização e tamanho das aberturas implicaram em melhoria substancial em relação área de abrangência do escoamento, ao número de entradas e saídas de ar e, conseqüentemente nos desempenhos da ventilação natural para todas as direções. Conclui-se pela importância da aplicação da MAM-VN como ferramenta de projeto do edifício.*

**Palavras-chave:** *Ventilação Natural, MAM-VN, Edifícios de Apartamento*

## CÁLCULO DE CARGA TÉRMICA DE RESFRIAMENTO PELO MÉTODO DA SÉRIE RADIANTE – EFEITO DA INÉRCIA TÉRMICA E DO COEFICIENTE GLOBAL DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR

**Alexandre Marconi de Souza da Costa** – amscosta@uem.br  
Universidade Estadual de Maringá, Departamento de Engenharia Mecânica

F3201 - Métodos de Modelamento e Simulação Energética

**Resumo.** Neste trabalho foi analisado e implementado em planilha o procedimento de cálculo de carga térmica de resfriamento utilizando o método da série radiante (Radiant Time Series Method). Tal método foi proposto pela ASHRAE (2001) em substituição aos métodos clássicos de cálculo de carga térmica de resfriamento tais como TETD/TA (média temporal equivalente- médias temporais). Sua vantagem deve-se ao menor número de considerações empíricas requeridas durante os cálculos. O método fundamenta-se na quantificação do efeito do armazenamento de energia térmica dos ambientes sobre a carga térmica de resfriamento instantânea. A quantificação é feita dividindo as componentes de ganho de calor em parcelas convectiva e radiante. As parcelas radiantes são transformadas pelo uso de séries temporais. Os coeficientes das séries temporais são dependentes do tipo de construção e tipo de ganho de calor (solar ou não solar) que originou a parcela radiante. As parcelas transformadas são adicionadas às parcelas convectivas para o cálculo da carga térmica de resfriamento instantânea. O procedimento anterior foi aplicado a um estudo paramétrico dos efeitos da inércia térmica do ambiente, das paredes e do coeficiente global de transferência de calor. Finalizando, é apresentado um sumário dos resultados para os parâmetros mencionados.

**Palavras-chave:** Carga térmica, ar condicionado, conforto térmico

---

## ANALYSIS OF SOLAR RADIATION MEASUREMENTS OVER DIFFERENT LIBYAN REGIONS

**Zakria Behary** - zbehary@yahoo.com  
**Mabruk M. Abugderah** - mabruk@yahoo.com  
Mechanical Engineering Department, 7<sup>th</sup> of April University, Sabrata, Libya

F3202 - Métodos de Modelamento e Simulação Energética

**Abstract.** Various experimental data were collected from different regions in Libya which is located in the north Africa, south of Mediterranean sea. Libya consists of three types of climates: mediterranean, mountain and desert. The collected data from the determinative meteorological stations in the period from 1981 to 1988 represents the given climates. Tripoli (32.87 N, 13.2 E) which is located in the north of the country represent mediterranean climate. Sabha (27.02 N, 14.43 E) represent the desert or Sahara region located in the south part region of Libya. The third region is the mountain which is represented by Nault (31.87 N, 10.98 E) located in the north west of the country. The collected data were processed, analyzed and compared with the theoretical models and the results were satisfactory. The obtained results were presented in graphical form showing comparative analysis between measured data and the developed correlation. The proposed correlation showed good agreement and better fit to the data.

**Key-Words:** Solar models, Libyan region, Solar data, Solar energy simulation

## **SIMULAÇÃO ENERGÉTICA DE EDIFÍCIOS COMO FERRAMENTA DE PROJETO. CASO DE ESTUDO: MUSEU DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE BRASÍLIA**

**André Nascimento** – andre.nascimento@imsel.com.br

**João Pimenta** – pimenta@unb.br

Universidade de Brasília, Departamento de Engenharia Mecânica, LaAR-Laboratório de Ar condicionado e Refrigeração (www.laar.unb.br)

F3203 - Métodos de Modelamento e Simulação Energética

**Resumo.** *No presente trabalho realizou-se uma simulação computacional tendo em vista a otimização do desempenho energético do Museu de Ciência e Tecnologia de Brasília, cujo projeto encontra-se em execução. Como ferramentas computacionais para a simulação energética de edificações foram utilizados os programas DesignBuilder e Energy Plus. O programa DesignBuilder foi adotado como plataforma de análise devido a disponibilizar uma interface de utilização mais simples e flexível do programa Energy Plus. A partir de informações sobre o projeto arquitetônico fornecidas pelo Laboratório de Projetos da Universidade de Brasília, fez-se a simulação energética do Museu de C&T de Brasília calculando dados como cargas térmicas, demanda de energia pelo sistema de condicionamento de ar e emissões equivalentes de dióxido de carbono. Resultados de referência foram obtidos para o projeto original, os quais foram comparados a cinco diferentes cenários relativos à alternativas de modificação propostas. As alternativas consideradas analisaram a influência de alterações gerais sobre a envoltória e orientação sobre a carga térmica total, demanda de energia pelo sistema de condicionamento de ar e emissões. Os resultados obtidos permitem apreciar a influência das modificações propostas obtendo-se resultados como redução de até 15% na carga térmica total da edificação.*

**Palavras-chave:** *Simulação, Eficiência Energética, DesignBuilder, Energy Plus, Museu.*

---

## **DEFINIÇÃO DE TIPOLOGIAS DE CLIMATIZAÇÃO VIA SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL DE DESEMPENHO ENERGÉTICO PARA O PROJETO MEC-PROINFANCIA**

**Manuella A. P. de S. Silva** – atenas\_manuella@hotmail.com

Universidade Federal da Paraíba, Laboratório de Energia Solar

**João M. D. Pimenta** – pimenta@unb.br

Universidade de Brasília, Dep. Eng. Mecânica, LaAR-Lab. Ar Condicionado e Refrigeração

**Zaqueu Ernesto da Silva**

Universidade Federal da Paraíba, Laboratório de Energia Solar

F3204 - Métodos de Modelamento e Simulação Energética

**Resumo.** *Medidas para a conservação de energia têm sido tomadas por parte de países desenvolvidos há algumas décadas, sendo impulsionadas no Brasil, a partir dos racionamentos ocorridos em 2001, com propostas, por parte do governo, de incentivo a políticas que promovam a eficiência energética nas edificações. Nestas, o alto consumo tem motivado estudos que visam, além da economia de energia, o aumento de sua eficiência com garantia do conforto aos seus usuários. Sabe-se que a eficiência energética destas edificações não se dá apenas com o uso de equipamentos e iluminação mais eficientes, mas com sua integração aos recursos naturais a características construtivas do projeto arquitetônico e dos materiais. Assim, este estudo pretende indicar propostas técnicas que viabilizem a execução do projeto para construção de 600 creches em todo o território nacional,*

proposto pelo Ministério da Educação, contemplado no projeto Proinfância (Programa Nacional de Reestruturação e Aparelhagem da Rede Escolar Pública Infantil), levando em consideração as variações climáticas encontradas em nosso país. Neste propósito, são realizadas simulações numéricas com a utilização dos programas Energy Plus™ (E+, desenvolvido sob patrocínio do Departamento de Energia do governo Norte-Americano) e DesingBuilder™ (desenvolvido por empresa privada como ferramenta de interface ao E+). Inicialmente o trabalho analisa os fatores que influenciam a variação da carga térmica, como a localização e variação da orientação, entre outros, com o intuito de minimizar a demanda térmica de climatização. Após esta análise, são estudadas soluções de climatização desses ambientes de forma a indicar a melhor opção para cada situação em estudo, visando à climatização dos ambientes com melhor aproveitamento das condições naturais e menor consumo de energia.

**Palavras-chave:** Ar condicionado, Eficiência energética, Edifícios, Simulação, Energy Plus.

---

### **AVALIAÇÃO EXPERIMENTAL DO DESEMPENHO DE UM SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO OPERANDO COM PROPANO (R290) COMO REFRIGERANTE ALTERNATIVO AO R22**

**Araí Augusta Bernardez Pécora** – arai@fem.unicamp.br

**Ricardo Greber Arini** – arini@fem.unicamp.br

Universidade Estadual de Campinas, Departamento de Energia Térmica e de Fluidos - DETF

R0201 - Sistemas de Refrigeração com Halocarbonados

**Resumo.** Visando atender as necessidades do mercado atual de refrigeração, que busca alternativas que atendam à exigência de substituição gradual dos refrigerantes hidroclorofluorcarbonados (HCFC's), este trabalho teve como objetivo analisar experimentalmente um sistema de refrigeração por compressão de vapor operando com o hidrocarboneto propano (R290). O estudo foi realizado em um mini-tanque de resfriamento de leite, produzido comercialmente para operar com o refrigerante R22. Foram analisadas as influências da temperatura do fluido no tanque e da temperatura do ar de resfriamento do condensador sobre parâmetros de desempenho do ciclo de compressão como: coeficiente de desempenho, taxa de resfriamento, potência de compressão, vazão mássica de refrigerante, taxa de transferência de calor no condensador, temperatura do refrigerante na descarga do compressor e volume específico do refrigerante na aspiração do compressor. As medidas experimentais foram realizadas em condições de regime permanente. A temperatura do fluido do tanque e a temperatura do ar de resfriamento do condensador foram mantidas constantes através de resistências elétricas inseridas no tanque e na entrada do condensador, respectivamente. A análise de resultados mostrou que é possível a substituição do refrigerante R22 pelo R290 no sistema estudado.

**Palavras-chave:** Refrigerantes alternativos, estudo experimental de ciclo de resfriamento, R22, Propano.

---

### **MODELAGEM DE FORÇADORES DE AR COM FORMAÇÃO DE GELO**

**Alberto Hernandez Neto** – ahneto@usp.br

Universidade de São Paulo, Escola Politécnica, Departamento de Engenharia Mecânica

R0202 - Sistemas de Refrigeração com Halocarbonados

**Resumo.** O comportamento de forçadores de ar é bastante relevante na indústria de produtos resfriados. O bom desempenho destes equipamentos promove consumos de energia menores e melhores níveis de conservação de produtos. Com relação à operação destes trocadores de calor com formação de gelo, a previsão da degradação da capacidade destes componentes é muito importante especialmente no que diz respeito à conservação dos produtos a baixa temperatura. A modelagem deste componente representa um desafio, primeiramente, devido à complexa avaliação dos coeficientes de troca de calor e dos níveis de perda de pressão no lado do fluido refrigerante, devido à ocorrência de escoamento bifásico, bem como o uso de diferentes geometrias de tubos (aletas internas, tubos de seção transversal elíptica, etc.). Em segundo lugar, a avaliação dos coeficientes de transferência de calor e a perda de pressão do lado do ar têm também diversos desafios devido à formação de gelo durante o processo de resfriamento e o seu impacto no escoamento do ar e na eficiência das aletas externas. Este artigo propõe-se a modelar e simular um forçador de ar em baixa temperatura e comparar com resultados experimentais obtidos em aparato experimental. As comparações apresentam uma boa concordância e possibilitam avaliação do comportamento destes forçadores de forma a fornecer subsídios para melhorar a operação destes componentes.

**Palavras-chave:** Refrigeração, Forçadores de ar, Modelagem, Formação de gelo

---

## UTILIZAÇÃO DO DIÓXIDO DE CARBONO, CO<sub>2</sub>, COMO FLUIDO REFRIGERANTE EM SISTEMAS DE AR CONDICIONADO AUTOMOTIVO

**Enio Pedone Bandarra Filho** – bandarra@mecanica.ufu.br  
Faculdade de Engenharia Mecânica – Universidade Federal de Uberlândia – MG.

R0301 - Sistemas de Amônia e Dióxido de Carbono

**Resumo.** O presente artigo apresenta o estado da arte na utilização do dióxido de carbono como fluido refrigerante em sistemas de ar condicionado automotivo. Uma pesquisa bibliográfica abrangente permitiu verificar a evolução dos resultados em relação ao desempenho térmico do CO<sub>2</sub> escoando como fluido de trabalho em sistemas de ar condicionado automotivo. Resultados em veículos, considerados de potência média e elevada são mostrados, evidenciando comparações entre sistemas instalados em veículos utilizando R-134a e CO<sub>2</sub>, além de mostrar uma redução no consumo de combustível quando o sistema de ar condicionado operava com CO<sub>2</sub>. Os resultados mais interessantes demonstraram que com a utilização do CO<sub>2</sub> como fluido refrigerante, o tempo de resfriamento da cabine do veículo foi reduzido significativamente. Os resultados mais recentes foram realizados em automóvel de pequena potência, denominados de carros populares tipo 1.0. Tais resultados foram bastante encorajadores, demonstrando que o veículo que continha o sistema com CO<sub>2</sub> também apresentou o tempo de resfriamento da cabine reduzido, o consumo de combustível foi menor e o Coeficiente de Eficiência, COP, também mostrou-se superior àquele com o sistema utilizando o refrigerante R134a.

**Palavras-chave:** Automotivo, CO<sub>2</sub>, Refrigerante, Ar Condicionado, Dióxido de Carbono.

---

## ANÁLISE EXPERIMENTAL DE UM SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO VARIANDO A VELOCIDADE DE ROTAÇÃO DO COMPRESSOR E ABERTURA DA VÁLVULA DE EXPANSÃO TERMOSTÁTICA

**Francisco E. Moreno Garcia** - femgarcia@mecanica.ufu.br  
**Enio Pedone Bandarra Filho** – bandarra@mecanica.ufu.br  
**Oscar S. Hernandez Mendoza** - oscarh@mecanica.ufu.br

**Juan G. Paz Alegrias** - jgpaz@mecanica.ufu.br

Faculdade de Engenharia Mecânica – Universidade Federal de Uberlândia – MG.

#### R0401 - Sistemas de Refrigeração com Fluidos Secundários

**Resumo.** *O presente trabalho se concentrou na avaliação do desempenho de um sistema de refrigeração por compressão de vapor (SRCV), com capacidade de refrigeração de 5TR (17,5 kW) trabalhando com uma válvula de expansão termostática e inversor de frequência. O sistema de refrigeração (chiller) é composto, basicamente, por um compressor semi-hermético a pistão, dois trocadores de calor de tubos tipo tubo concêntricos e válvula de expansão termostática. Sistemas de refrigeração, convencionalmente, trabalham com rotação do compressor fixa e dispositivo de expansão também fixo. Neste trabalho, procurou-se desenvolver uma alternativa para avaliar o SRCV com diferentes velocidades de rotação do compressor, utilizando um variador de frequência e ajustando manualmente a abertura da válvula de expansão termostática em cinco posições referenciais pré-estabelecidas em seu grau de abertura. A vantagem do uso dos sistemas SRCV com rotação do compressor variável e ajuste em seu dispositivo de expansão representa a potencialidade de se melhorar consideravelmente o desempenho energético do mesmo.*

**Palavras-chave:** *Sistema de refrigeração, Desempenho térmico, Compressor de velocidade variável, Válvula de expansão termostática.*

---

#### UTILIZACION DE SUSTANCIAS ORGANICAS EN AL ACONDICIONAMIENTO TERMICO DE RECIENTOS PARA PRODUCTOS AGRICOLAS

**Angélica Boucíguez** – bouciga@unsa.edu.ar

**Ricardo Lozano** – lozanor@unsa.edu.ar

Facultad de Ciencias Exactas. Universidad Nacional de Salta. Av. Boliva 5150, Salta. Argentina.

**Miguel A. Lara** – malara@fceia.unr.edu.ar

Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Rosario. IFIR (UNR – CONICET)

#### R1101 - Condições de Estocagem de Alimentos

**Resumen.** *Los productos agrícolas al mantener activo su metabolismo, generan calor aún después de ser separados de la planta, el que si este no es controlado lleva a la pérdida del mismo, por ello es necesario acondicionar térmicamente los recintos destinados a su almacenamiento y transporte, lo que generalmente se hace mediante equipos con un costo alto de energía tradicional. En este trabajo se propone la utilización de sustancias orgánicas que presentan cambio de fase en el rango de temperatura al que deben mantenerse cada producto, como moderadoras de temperatura de tales recintos. Las sustancias, convenientemente envasadas, se colocan como parte integrante de las paredes del mismo o de divisiones internas y pueden encontrarse inicialmente a la temperatura de fusión o inferior a ella, de modo que absorban el calor generado por el propio producto agrícola a acondicionar. Los resultados obtenidos, del análisis de ambas condiciones, muestran que tales productos constituyen una alternativa interesante en el acondicionamiento térmico de dichos productos, sin necesidad de utilización de otra fuente energética o reduciendo el consumo de energía auxiliar, dependiendo del producto agrícola a acondicionar y del tiempo que deba ser mantenido antes de su distribución, el que no debería superar los tres días.*

**Palabras-claves:** *acondicionamiento térmico, sustancias orgánicas, cambio de fase, productos agrícolas.*

---

## DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE DETECÇÃO E DIAGNÓSTICO DE FALHAS PARA AUXÍLIO DE MANUTENÇÃO DE CÂMARAS FRIAS.

**Diego Cardelino Ghobad** – dieggoin@gmail.com

**Matheus Sodré Valverde** – theuvalverde@hotmail.com

**João Pimenta** – pimenta@unb.br

Universidade de Brasília, Departamento de Engenharia Mecânica, LaAR-Laboratório de Ar condicionado e Refrigeração (www.laar.unb.br)

R1401 - Câmaras Frias

**Resumo.** *O presente trabalho descreve um sistema de Detecção e Diagnóstico de Falhas (DDF) aplicado a uma câmara fria da Universidade de Brasília (UnB). Inicialmente é apresentado o resultado de uma avaliação técnica geral das câmaras frias existente, observando-se uma condição precária para a maioria das câmaras, devido a obsolescência e deferentes problemas operacionais. Em seguida, um modelo matemático para o ciclo de compressão a vapor é proposto e implementado através de um aplicativo para a detecção e diagnóstico de falhas cujo objetivo é contribuir para com a gestão e procedimentos de manutenção utilizados na UnB. O aplicativo desenvolvido baseia-se na aquisição remota de sinais transmitidos pela rede de dados interna da UnB, os quais as provenientes de uma câmara fria instrumentada para monitoramento contínuo de suas condições de operação. A metodologia consiste em suprir os dados medidos remotamente para um modelo semi-empírico que simula as condições de operação do equipamento gerando informações sobre o desempenho normal da câmara fria. Os resultados obtidos são comparados com a saída do sistema real, gerando um resíduo, a partir do qual é possível detectar uma condição de falha. A metodologia foi desenvolvida para regime permanente, assim, os valores do modelo são recalculados apenas, caso haja uma variação na temperatura ambiente, modificando a condição de operação do ciclo. O aplicativo foi avaliado por uma série de testes, simulando o envio de sinais pelos módulos de aquisição, verificando-se que a lógica adotada no mesmo era coerente com a metodologia de monitoramento proposta. Por fim, pode-se verificar a viabilidade do uso do aplicativo em câmaras frias para o monitoramento on-line detectando e diagnosticando possíveis falhas.*

**Palavras-chave:** *Detecção, Diagnóstico, Falhas, Câmaras Frias, Manutenção.*

---

## REDUÇÃO DA PERDA DE MASSA NO RESFRIAMENTO DE CARNE BOVINA POR MEIO DE UM CONTROLE AUTOMÁTICO

**Costa, W. M., Koury, R. N. N., Machado, L.** - koury@demec.ufmg.br

Universidade Federal de Minas Gerais, Dep. de Engenharia Mecânica, Escola de Engenharia

**Oliveira, A. de L.**

Departamento de Tecnologia e Inspeção de Produtos de Origem Animal, Escola de Veterinária

R1601 - Túneis de Resfriamento e Congelamento de Alimentos

**Resumo.** *Este trabalho apresenta um estudo sobre a redução da perda de massa durante o resfriamento de meias carcaças bovinas com a utilização de controle automático da temperatura e umidade do ar. O estudo visa reduzir a perda de massa e propiciar melhor qualidade ao produto. Os objetivos do trabalho são determinar fatores que influenciam na perda de massa, propor um sistema de controle automatizado para o resfriamento em dois estágios e realizar uma análise econômica e financeira da implantação desse sistema. A partir da determinação dos fatores relevantes no resfriamento de carne foi determinada a lógica de controle de operação do sistema. Em seguida, foram especificados os componentes do sistema automático proposto. Tal sistema automatizado*

possibilitou o resfriamento em dois estágios por meio da instalação de uma válvula motorizada na linha de sucção bifásica dos evaporadores e de um conversor de frequência para os motores dos ventiladores dos evaporadores. A válvula motorizada foi modulada em função do diferencial logarítmico entre a temperatura do ambiente da câmara e a temperatura do refrigerante, enquanto que a variação na rotação dos ventiladores ocorre em função da variação da umidade relativa nessa câmara. Para o controle do sistema foi utilizado um controlador lógico programável (CLP) e um sistema de monitoramento. O resultado da análise econômica e financeira mostrou que o tempo de retorno do investimento viabiliza a instalação do sistema de controle. Mesmo utilizando parâmetros conservadores, o tempo de retorno estimado para o investimento foi inferior a um ano. O sistema automático de resfriamento além de possibilitar a redução na perda de massa das carcaças, permite um controle mais efetivo sobre a qualidade das mesmas.

**Palavras-chave:** Resfriamento de alimentos, resfriamento de carne, perda de massa no resfriamento

---

### ANÁLISE EXPERIMENTAL E COMPUTACIONAL DE UM CHILLER DE ABSORÇÃO LiBr-H<sub>2</sub>O DE SIMPLES EFEITO UTILIZANDO ÁGUA QUENTE COMO FONTE DE CALOR

**Cláudio Messias da Silva** – clmesilva@yahoo.com.br

**Osvaldo José Venturini** – osvaldo@unifei.edu.br

**Bruno Ribeiro Cantarutti** – cantarutti@unifei.edu.br

Universidade Federal de Itajubá, Instituto de Engenharia Mecânica

R4101 - Equipamentos de Absorção

**Resumo.** O estudo relacionado a sistemas de refrigeração por absorção tornou-se atrativo, entre outros motivos, por apresentar reduzido consumo de energia elétrica e por ser aplicáveis em sistemas de cogeração, fatores determinantes nos setor comercial, que possuem como maiores responsáveis pelo o consumo de eletricidade, os sistemas de refrigeração e/ou de ar condicionado. Sistemas que utilizam LiBr-H<sub>2</sub>O operam com altos coeficientes de performance, comparados com os sistemas que utilizam amônia-H<sub>2</sub>O. Este artigo tem como objetivo realizar a análise experimental, obtendo as características de funcionamento e o coeficiente de performance, de um sistema de refrigeração por absorção LiBr/H<sub>2</sub>O de simples efeito, que utiliza água quente como fonte de calor. Este sistema apresenta uma capacidade de refrigeração de 10 TR e está instalado no laboratório do Instituto de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Itajubá. Além da análise experimental, foi realizado um modelo computacional para análise dos trocadores de calor, evaporador, absorvedor, condensador e o gerador, para diferentes condições de entrada e saída da água quente, resfriamento e condensação, mantendo constante a área e o coeficiente global de transmissão de calor, obtendo também o coeficiente de performance para essas condições.

**Palavras-chave:** Chiller de absorção, Trocadores de calor, Análise experimental, Análise computacional

---

### ANÁLISE TERMOECONÔMICA: PRODUÇÃO DE ÁGUA GELADA EM UM SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO POR ABSORÇÃO

**Iraídes Aparecida de Castro Villela** - iraides@debas.fauenquil.br

Escola de Engenharia de Lorena – EEL - USP

**José Luz Silveira** - joseluz@feg.unesp.br

UNESP – Universidade Estadual Paulista - Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá

R4102 - Equipamentos de Absorção

**Resumo.** Neste trabalho é proposto o uso de biogás gerado numa Estação de Tratamento de Efluentes de um Laticínio do Estado de São Paulo. A geração desse biogás se dá através da decomposição do material residual que é normalmente misturado com água e enviado para tratamento o qual apresenta a seguinte composição molar: 62,7 % CH<sub>4</sub>; 3,4 % N<sub>2</sub>; 5 % CO; 2,4 % CO<sub>2</sub>, 2,4 % H<sub>2</sub>O e 14,1 % H<sub>2</sub>S. O modelo termoeconômico proposto se baseia no conceito de exergia e na construção de diagramas funcionais. A principal vantagem desse modelo é a não necessidade de nenhuma ferramenta computacional, pois é um modelo algébrico de fácil implementação e interpretação. O objetivo é a aplicação da análise termoeconômica para minimizar o Custo de Manufatura Exergético, representado pelo custo de produção de água gelada num Sistema de Refrigeração por Absorção NH<sub>3</sub> + H<sub>2</sub>O, acionado com queima direta do biogás. Conclui-se que, o método termoeconômico proposto pode ser aplicado de modo satisfatório para se minimizar o custo de produção de água gelada, em base exérgica, para as vazões mínima (58 Nm<sup>3</sup>/h) e máxima (80 Nm<sup>3</sup>/h) de biogás, utilizando-se um Sistema de Refrigeração por Absorção NH<sub>3</sub> + H<sub>2</sub>O.

**Palavras-chave:** Modelo Termoeconômico, Sistema de Refrigeração por Absorção, Estação de Tratamento de Efluentes, Biogás.

---

**ANÁLISE DE UM SISTEMA DE ABSORÇÃO DE UM ESTÁGIO UTILIZANDO  
ÁGUA-AMÔNIA – SIMULAÇÃO TEÓRICA**

**Joaquim Antonio dos Reis** – jareis@feg.unesp.br

**José Luz Silveira** – joseluz@feg.unesp.br

**Michael Audie Ojoe Junior**

Universidade Estadual Paulista - Departamento de Energia

R4103 – Equipamentos de Absorção

**Resumo.** Entre os desafios que a humanidade enfrenta, dois são particularmente importantes: a poluição ambiental e a utilização racional de energia. Este trabalho estuda um sistema de refrigeração por absorção de um estágio, utilizando o par água-amônia como fluido de trabalho. No Brasil e em muitos países em desenvolvimento, a utilização de máquinas térmicas que trabalham com o ciclo de absorção é bastante promissora, seja no aspecto econômico, pela integração energética de processos ou redução do emprego de energia elétrica. Também, em nível ambiental, esses sistemas evitam a poluição térmica e não utilizam refrigerantes do grupo CFC como fluido de trabalho. Estuda-se 3 parâmetros fundamentais que influenciam o sistema de absorção, equacionando cada processo e considerando a simulação (ou modelagem) em regime permanente. Esses parâmetros são a concentração da amônia após o processo de retificação, a largura do processo e o emprego de sub-resfriador (troca de calor condensador-evaporador). Analisa-se os processos que ocorrem em cada um dos componentes e verifica-se a influência dos 3 parâmetros sobre o desempenho do sistema

**Palavras-chave:** Refrigeração por absorção, simulação matemática, consumo de energia, modelagem.

---

**ASPECTOS TÉRMICOS DE UM CICLO DE REFRIGERAÇÃO POR ABSORÇÃO**

**André Aleixo Manzela** – manzela@petrobras.com.br

PETROBRAS

**Sérgio de Morais Hanriot** – hanriot@pucminas.br

**José Ricardo Sodré** – ricardo@pucminas.br

Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Departamento de Engenharia Mecânica

#### R4104 - Equipamentos de Absorção

**Resumo.** *O objetivo deste trabalho é avaliar um sistema de refrigeração por absorção de amônia. Para tal foi utilizado um refrigerador comercial com sistema de refrigeração por absorção (amônia-água) com capacidade de 215 litros. O sistema foi analisado utilizando como fonte de energia gases de combustão de gás liquefeito de petróleo (GLP). Para monitorar o comportamento da temperatura e da umidade relativa no interior do refrigerador foram instalados dois sensores de temperatura tipo Pt - 100 e um sensor de temperatura / umidade relativa. Foram também instalados termopares tipo K na entrada e na saída do trocador de calor (gerador) do sistema de refrigeração para medição das temperaturas dos gases quentes nestes pontos. Durante os testes foi feita também realizada a análise química dos gases de combustão com o objetivo de determinar a composição química real do GLP. São apresentados os resultados obtidos para as temperaturas internas do refrigerador, a variação temporal das temperaturas no interior do refrigerador e no exterior do refrigerador, as taxas de transferência de calor, os coeficientes convectivos de transferência de calor no refrigerador, a umidade relativa no interior do refrigerador, a capacidade de refrigeração e o coeficiente de desempenho do refrigerador.*

**Palavras-chave:** Sistema de refrigeração por absorção, Amônia, Gás liquefeito do petróleo

---

#### A INFLUÊNCIA DO INVERSOR DE FREQUÊNCIA EM SISTEMAS DE CONDICIONAMENTO DE AR POR COMPRESSÃO DE VAPOR COM CARGA TÉRMICA VARIÁVEL

**Rafael da Silveira Moreira** – rafaelparaty@yahoo.com.br

**Pedro Magalhães Sobrinho** – sobrinho@feg.unesp.br

**Teófilo Miguel de Souza** – teofilo@feg.unesp.br

Universidade Estadual Paulista, Departamento de Engenharia Elétrica

#### R4401 - Dispositivos de Controle de Refrigeração

**Resumo.** *Este artigo apresenta os resultados de um trabalho teórico experimental, onde se constatou a diferença de potência elétrica de acionamento e do coeficiente de performance no funcionamento de dois diferentes tipos de compressores: um hermético a pistão e outro do tipo scroll, operando com inversor de frequência. No estudo variou-se a vazão do fluido refrigerante, e conseqüentemente o efeito frigorífico, por dois procedimentos distintos: restrição da passagem do refrigerante através de uma válvula de estrangulamento, mantendo-se a rotação do compressor hermético constante, e por meio de variação de rotação do compressor scroll com aplicação de um inversor de frequência, mantendo-se a válvula de estrangulamento em uma posição fixa. Os ensaios foram realizados sob condições onde foram mantidas constantes a pressão barométrica local e a temperatura de bulbo seco de circulação do ar, além da umidade relativa mantida numa faixa entre 50 e 80 %. Os ensaios foram realizados em bancada de testes, detalhada no trabalho, provida de sistema supervisorio de coleta de dados. As faixas de operação dos parâmetros obtidos mantiveram-se entre os seguintes limites: potência elétrica de funcionamento dos compressores entre 900 e 3400 W; vazão de fluido refrigerante entre 95 e 140 l/h; efeito refrigerante entre 19000 e 27000 BTU/h; coeficiente de performance dos compressores entre 3,5 e 5,75; frequência da energia elétrica de acionamento do compressor scroll entre 30 e 60 Hz e do hermético em 60 Hz. Os resultados são apre-*

sentados comparando os diversos parâmetros medidos e calculados. O estudo demonstrou que existe uma região onde o inversor de frequência é capaz de economizar até 59 % da potência exigida pelo sistema para uma carga térmica definida em relação ao sistema desprovido do inversor de frequência, no qual o controle da vazão de refrigerante ocorre através da válvula de estrangulamento. Conclui-se que a utilização do inversor de frequência, em sistemas onde a carga térmica requerida (efeito refrigerante) varia significativamente, pode resultar em uma significativa economia de energia.

**Palavras-chave:** Eficiência energética, Condicionamento de ar por compressão de vapor, Inversor de frequência

---

### ANÁLISE EXPERIMENTAL DA INFLUÊNCIA DOS GRADIENTES DE TEMPERATURA DA CÂMARA FRIA NA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE UM REFRIGERADOR DE PEQUENO PORTE

**Cleiton Rubens Formiga Barbosa** - cleiton@ufrnet.br

**Francisco de Assis Oliveira Fontes** - francisfontes@uol.com.br

Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Departamento de Engenharia Mecânica

**Washington Batista Lima** - uoxito@hotmail.com

Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Aluno de Graduação em Engenharia Mecânica

**Marcelo Renney Alves de Freitas** - mrenney2000@yahoo.com.br

**Artur Frederico Fonseca da Cruz** - arturffc@ufrnet.br

Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Pós-Graduação em Engenharia Mecânica

R4801 - Refrigeradores e Freezers

**Resumo.** No mundo atual, a busca por produtos e processos com menor impacto ambiental e maior eficiência energética e tem sido a tônica. O consumo de energia elétrica e o COP de um sistema frigorífico são fortemente dependentes das condições operacionais e das características de seus componentes. O propósito da presente pesquisa foi investigar a influência dos gradientes de temperatura da câmara fria na performance de um refrigerador de pequeno porte. Uma bancada experimental com aquisição de dados computadorizada foi desenvolvida possibilitando o mapeamento das propriedades físicas e termodinâmicas de interesse. Foram analisados o COP e o consumo de energia elétrica do refrigerador para diferentes condições de operação. A formação de uma camada de gelo na serpentina do evaporador com convecção natural prejudica substancialmente as trocas térmicas na câmara fria. O tempo de operação do compressor até o estabelecimento do “set point” é reduzido com a inserção de um misturador mecânico na câmara fria (convecção forçada do evaporador), resultando numa economia significativa do consumo de energia elétrica do refrigerador.

**Palavras-chave:** Eficiência energética, COP, Ciclo de Refrigeração.

---

### ENHANCED DESALINATION PERFORMANCE BY AIR PASSING THROUGH SEAWATER USING HUMIDIFICATION AND DEHUMIDIFICATION PROCESS

**S. A. El-Agouz** - elagouz2002@yahoo.com

Mechanical Power Engineering Department, Tanta University, Tanta, Egypt

**Mabruk M. Abugderah** - mabruk@yahoo.com

**Abdalla Muhra**

Mechanical Engineering Department, 7<sup>th</sup> of April University, Sabrata, Libya

## S2001 - Humidifier

**Abstract.** *Experimental investigation of Humidification process by air passing through seawater is presented. The main objective of this work was to determine the humid air behaviour through single-stage of heating-humidifying processes. This experimental work studied the influence of the operating conditions such as the water temperature, the headwater difference, the air velocity and the inlet air temperature to evaporator chamber on the vapour content difference and humidification efficiency. Two cases of different inlet conditions of ambient and heated air cases are studied. The experimental results show that, the vapour content difference and the humidification efficiency of the system is strongly affected by the saline water temperature in the evaporator chamber, headwater difference and the air velocity. The inlet air temperature to evaporator chamber variation was found to have a small affect on the vapour content difference. The obtained maximum vapour content difference of the air was about  $222 \text{ gr}_w/\text{kg}_a$  at  $75 \text{ }^\circ\text{C}$  for water and air. The obtained vapour content is high compared to that obtained in literature for single-stage and very similar for multi-stage.*

**Keywords:** *Air humidification process, Experimental work, evaporation chamber*

---

### **PROPUESTA DE DISEÑO DE UN HUMIDIFICADOR PARA UNA UNIDAD MANEJADORA DE AIRE CON APLICACIÓN DE CUARTO LIMPIO CLASE 100**

**Agustín Torres Rodríguez** – agustin71tr@yahoo.com.mx

**David Morillón Gálvez** – damg@pumas.iingen.unam.mx

Postgrado de energía e Instituto de ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México

## S2002 - Humidificadores

**Resumen.** *El trabajo propone el diseño de un humidificador que formara parte de una unidad manejadora de aire con aplicación de cuarto limpio clase 100. Como punto de partida se realiza una breve descripción de los humidificadores utilizados en aplicaciones de cuarto limpio. En el diseño del humidificador se tomo en cuenta un tubo dispersor, el cual estará ubicado dentro de una unidad manejadora de aire que suministrará aire limpio a una velocidad de  $6.1 \text{ m/s}$ . Por lo que el diseño comprende el cálculo de las cargas de humidificación y deshumidificación, el cálculo de las dimensiones del tanque de almacenamiento de agua, el cálculo del tubo dispersor y tubo de condensados y 4 resistencias eléctricas que evaporaran el agua del tanque. Finalmente se realiza una comparación de los resultados obtenidos con esta metodología y los proporcionados con el software DRI-CALC.*

**Palabras-clave:** *humidificador, cuarto limpio, tubo dispersor, humidificación*

---

### **AQUECIMENTO DE ÁGUA UTILIZANDO COMBUSTÃO PULSANTE**

**Cristiane Aparecida Martins** – cmartins@ita.br

**Pedro Teixeira Lacava** – placava@ita.br

Instituto Tecnológico de Aeronáutica, Departamento de Engenharia Aeronáutica

**Marco Aurélio Ferreira** – marco@lcp.inpe.br

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Laboratório Associado de Combustão e Propulsão

**João Andrade de Carvalho Jr.** – joao@feg.unesp.br

Universidade Paulista, Laboratório Associado de Combustão e Propulsão

## S2701 - Geração de Vapor e Água Quente

**Resumo.** *Aquecimento de água está primariamente associado a taxa de transferência de calor, ou seja, um aumento da taxa de transferência de calor para a superfície de passagem da água aumentará a quantidade de energia absorvida. No presente trabalho serão apresentados resultados experimentais relacionados a transferência de calor obtidos em um queimador utilizando GLP como combustível em regime de queima oscilatório. Para uma mesma quantidade de GLP a combustão pulsante aumenta em torno 20% a quantidade de energia absorvida pela água em comparação com operações com combustão convencional.*

**Palavras-chave:** *aquecimento de água, queima pulsante, transferência de calor*

---

## AVALIAÇÃO DE DESGASTE MECÂNICO E PERDA DE DESEMPENHO EM COMPRESSORES HERMÉTICOS VIA TESTES DE VIDA ACELERADA

**Carlos Augusto** – carlosaugustomiranda@gmail.com

**Klaus Itai Haupt** – klaus\_haupt@yahoo.com.br

**Marcus Vinícius L. Finotti** – mvfinotti@yahoo.com.br

**Walter J. Pimenta** – wpimenta@unb.br

**Bruce dos Santos** – emaildobruce@gmail.com

**João M. D. Pimenta** – pimenta@unb.br

Universidade de Brasília, Departamento de Engenharia Mecânica, LaAR-Laboratório de Ar condicionado e Refrigeração (www.laar.unb.br)

## S3401 - Compressores

**Resumo.** *O presente trabalho propõem uma nova metodologia de teste cujo objetivo principal é a avaliação do desgaste em compressores herméticos para refrigeradores domésticos. Uma comparação é feita considerando os refrigerantes HC600a e HFCR134a, por meio de um método de ensaio de vida acelerada. Com auxílio de uma análise tribológica, os compressores são submetidos à uma vida útil simulada de 10 anos. Para tal a nova metodologia proposta é desenvolvida para reproduzir com maior fidelidade possível as condições de operação na qual o compressor é submetido ao longo de sua vida útil. Para a aplicação da metodologia uma bancada de ensaios foi projetada e construída, a qual é capaz de simular situações distintas para representar os ciclos de inverno e verão através de ajustes de pressão utilizando um circuito pneumático automatizado, e ainda a capacidade de simular as partidas e paradas as quais o motor é submetido em seu uso normal. Informações necessárias para a preparação, realização do experimento e fabricação da bancada de vida acelerada, além de diretrizes para o processo de avaliação comparativa dos compressores testados, são apresentadas juntamente com resultados preliminares do ensaio de vida acelerada dos compressores.*

**Palavras-chave:** *Compressor, Refrigerante, Hidrocarbonetos, Desgaste mecânico, Desempenho.*

---

## ANÁLISE NUMÉRICA DO ESCOAMENTO NO INTERIOR DA CARÇA DE UM COMPRESSOR HERMÉTICO

**Elizabet Vera Becerra** – elizabet.verabecerra@honeywell.com

Honeywell International Inc, Buffalo Research Laboratory

**José Alberto dos Reis Parise** – parise@puc-rio.br  
PUC-Rio, Departamento de Engenharia Mecânica

S3402 - Compressores

**Resumo.** No presente trabalho apresenta-se o estudo do escoamento do gás refrigerante desde sua passagem pelo duto de sucção até a entrada na mufla de sucção de um compressor hermético com a ajuda de um pacote computacional (FLUENT). Com esta análise pretende-se determinar a razão de recirculação de gás no interior da carcaça e estimar os coeficientes de transferência de calor, parâmetros importantes para o entendimento destes compressores os quais apresentam relativa facilidade de fabricação, disponibilidade e baixo custo.

**Palavras-chave:** compressor hermético, CFD, gás recirculante

---

**A STUDY ON THE POLYTROPIC EXPONENT OF  
RECIPROCATING SEMI-HERMETIC COMPRESSORS**

**Elizabet Vera Becerra\*** – Elizabet.VeraBecerra@Honeywell.com

**Paul Ortega Sotomayor** – paulpuc@aluno.puc-rio.br

**Frank Chaviano Pruzaesky** – pruza@esp.puc-rio.br

**José Alberto Reis Parise** – parise@puc-rio.br

Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Department of Mechanical Engineering

\* Currently working for Honeywell International – USA

S3403 – Compressores

**Abstract.** The objective of the present work is to find how reasonable is the assumption, when modeling reciprocating semi hermetic compressors, of a constant polytropic exponent. Experimental data from different compressors, running on different refrigerants, were employed in the analysis. For each run, the exponent was calculated from the pressure and temperature measurements, taken at the suction and discharge of the compressor. Results have shown that, for a given open reciprocating compressor, the polytropic exponent remains fairly independent of the operating conditions. On the other hand, its value can be different for distinct refrigerants, for the same compressor.

**Key-words:** Semi-hermetic compressor, polytropic exponent, modeling, refrigeration

---

**PROJETO E OTIMIZAÇÃO DE CONDENSADORES DE FLUXO  
PARALELO COM MINI CANAIS**

**Mario Henrique Macagnan** – mhmac@unisinis.br

**Jacqueline Biancon Copetti** – jcopetti@unisinis.br

Universidade do Vale do Rio dos Sinos – Unisinis, Ciências Exatas e Tecnológicas

S3501 - Condensadores

**Resumo.** Trocadores de calor compactos de fluxo paralelo em mini canais são amplamente utilizados como condensadores em sistemas de ar condicionado automotivo em função de algumas características importantes, tais como: compactidade, baixo peso, desempenho e confiabilidade. Estas características, associadas a menor perda de carga tanto no lado do refrigerante como no lado do ar, tem possibilitado a expansão de sua aplicação para sistemas de refrigeração comercial. Poucos

trabalhos sobre o dimensionamento e otimização destes trocadores estão disponíveis na literatura aberta. Desta forma, o objetivo deste trabalho é apresentar uma metodologia de análise de desempenho e otimização destes trocadores, apresentando resultados de alguns casos analisados. Para este estudo, foi desenvolvido um programa computacional onde o trocador foi subdividido em segmentos e, para cada um deles, aplicado o método  $\varepsilon$ -NTU. As propriedades termodinâmicas e de transporte dos refrigerantes foram obtidas do programa Refprop, através de uma interface especialmente desenvolvida. Os resultados obtidos de potência dissipada, coeficientes de transferência de calor do refrigerante e do ar e perda de carga concordam com valores disponíveis na literatura. O programa também permite, através da variação dos parâmetros geométricos do trocador, buscar-se uma otimização da troca térmica a fim de minimizar o tamanho (e massa) do trocador de calor.

**Palavras-chave:** Condensadores, Dimensionamento, Otimização, Mini canais

---

## UTILIZAÇÃO DE MATERIAIS ALTERNATIVOS COMO ENCHIMENTOS DE TORRES DE RESFRIAMENTO

**José Ângelo Peixoto da Costa** - angelocosta@hotmail.com

**Ana Rosa Mendes Primo** - armprimo@ufpe.br

**Jorge Recarte Heriquez Guerrero** - rjorge@ufpe.br

Deptº de Engª Mecânica da Universidade Federal de Pernambuco, Recife-PE, Brasil

S3601 - Torres de Resfriamento

**Resumo:** Neste trabalho é estudado o comportamento de dois materiais alternativos para enchimento de torres de resfriamento: a fibra de coco (*Cocos nucifera* Linnaeus) e gargalos de garrafas PET. Para a investigação do desempenho desses materiais foi construída uma torre de resfriamento experimental, do tipo contra-corrente. As temperaturas foram indicadas por termopares tipo T de 0,5mm, com leituras feitas através de um sistema de aquisição de dados. Foram analisados os efeitos da vazão mássica da água, da variação da vazão de ar e da carga térmica sobre os enchimentos em comparação a um enchimento padrão, tipo grades trapezoidais de polipropileno utilizado na indústria para águas tipo “problemáticas”. São apresentados resultados do efeito do tipo de enchimento sobre a capacidade de resfriamento ( $\Delta T$ ) e do approach da torre. Um programa desenvolvido no ambiente Matlab foi utilizado para calcular o NUT para cada enchimento. Os resultados indicaram que os enchimentos alternativos são uma opção válida de enchimento para torres de resfriamento.

**Palavras-chave:** Resfriamento alternativo, Torre de resfriamento, Enchimento.

---

## ENCHIMENTO ALTERNATIVO CONSTRUÍDO A PARTIR DE FIOS DE PET PARA TORRES DE RESFRIAMENTO

**Daniella de Moura Bezerra Amorim** - dmbabr@hotmail.com

**Ana Rosa Mendes Primo** - armprimo@ufpe.br

Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Pernambuco

S3602 - Torres de Resfriamento

**Resumo:** Neste trabalho é estudado o comportamento de um enchimento construído a partir de fios de garrafa PET que simula o arranjo comercial, tipo grade trapezoidal, como enchimento de torres de resfriamento. Para a investigação do desempenho desse tipo de enchimento, foi utilizada uma

torre de resfriamento experimental, do tipo contra-corrente, concebida para o estudo de materiais alternativos a serem utilizados como enchimento de torres de resfriamento. As temperaturas foram indicadas por termopares tipo T de 0,5mm, com leituras feitas através de um sistema de aquisição de dados. Foram analisados os efeitos da vazão mássica da água, da variação da vazão de ar e da carga térmica sobre um enchimento construído a partir de fios de garrafa PET, em comparação a um enchimento comercial padrão, tipo grades trapezoidais de polipropileno. São apresentados resultados do efeito do enchimento considerado sobre a capacidade de resfriamento ( $\Delta T$ ) e o approach da torre. Os resultados indicaram que o enchimento construído de fios de PET simulando o enchimento comercial é uma opção válida de enchimento para torres de resfriamento.

**Palavras-chave:** Resfriamento evaporativo, Torre de resfriamento, Enchimento, PET.

---

## PROJETO E OTIMIZAÇÃO DE CONDENSADORES DE FLUXO PARALELO COM MINI CANAIS

**Mario Henrique Macagnan** – mhmac@unisinis.br

**Jacqueline Biancon Copetti** – jcopetti@unisinis

Universidade do Vale do Rio dos Sinos - Engenharia Mecânica

S4301 – Trocadores de calor

**Resumo.** Trocadores de calor compactos de fluxo paralelo em mini canais são amplamente utilizados como condensadores em sistemas de ar condicionado automotivo em função de algumas características importantes, tais como: compactidade, baixo peso, desempenho e confiabilidade. Estas características, associadas a menor perda de carga tanto no lado do refrigerante como no lado do ar, tem possibilitado a expansão de sua aplicação para sistemas de refrigeração comercial. Poucos trabalhos sobre o dimensionamento e otimização destes trocadores estão disponíveis na literatura aberta. Desta forma, o objetivo deste trabalho é apresentar uma metodologia de análise de desempenho e otimização destes trocadores, apresentando resultados de alguns casos analisados. Para este estudo, foi desenvolvido um programa computacional onde o trocador foi subdividido em segmentos e, para cada um deles, aplicado o método  $\varepsilon$ -NTU. Foi utilizado o refrigerante R-410a e as propriedades termodinâmicas e de transporte foram obtidas do programa RefProp, através de uma interface especialmente desenvolvida. Os resultados obtidos de potência dissipada, coeficientes de transferência de calor do refrigerante e do ar e perda de carga concordam com valores disponíveis na literatura. O programa também permite, através da variação dos parâmetros geométricos do trocador, buscar-se uma otimização da troca térmica a fim de minimizar o tamanho (e massa) do trocador de calor.

**Palavras-chave:** Trocadores de calor compactos, Condensadores a ar de mini canais, Refrigerante R-410a, Otimização de trocadores de calor

---

## UMA VISÃO CRÍTICA DO VRF – FLUXO DE REFRIGERANTE VARIÁVEL EM AR CONDICIONADO

**Oswaldo de Siqueira Bueno** - oswaldo@bueno.eng.br

Engenheiro Mecânico – Consultor em Sistemas de HVAC

S4501 - Condicionadores de Ar e Bombas de Calor Unitários

**Resumo.** O objetivo principal da palestra é o de apresentar a minha experiência em sistemas de vazão de refrigeração variável para Ar Condicionado nos seus seguintes aspectos:

- Projeto dos equipamentos e a sua operação;
- Projeto de sistemas de ar condicionado com VRF vantagens e desvantagens;

Os títulos principais desta palestra serão:

- VRV - algo bem antigo – comparação entre o princípio de funcionamento do sistema de refrigeração de resfriados e do sistema de condicionamento de ar VRF;
- Tubulações de refrigerantes suas características e desafios:
  - Linha de líquido pouca influência no desempenho como e porque;
  - Linha de sucção muita influência no desempenho do sistema como e porque;
  - Redução de capacidade e problemas de retorno de óleo;
- Sistema convencional com dutos desvantagens: custo, execução e de manutenção (limpeza);
- Eletrônica aplicada na proteção, no controle e no gerenciamento: vantajoso para o VRF;
- VRF com condensação a água e a ar características principais;
- Compatibilidade com padrões e normas: Anvisa, ABNT e norte-americanas ASHRAE;
- Atendimento as recomendações do LEED Green Building - USGBC;
- Comparação do consumo de energia elétrica de operação entre diferentes sistemas.

**Palavras-chave:** Ar Condicionado, Unitários, Controle de Capacidade pelo Fluxo de Refrigerante.

---

## ANÁLISE DO DESEMPENHO TÉRMICO DE UM CONDICIONADOR DE AR TIPO JANELA UTILIZANDO FLUIDOS REFRIGERANTES ALTERNATIVOS

**José Junio Urbano**, juniourbano@yahoo.com.br

**José de Castro Silva**, castrojsilva@oi.com.br

**Reginaldo Soares de Oliveira**, reginaldosoares2001@yahoo.com.br

**Ana Rosa Mendes Primo**, armprimo@ufpe.br

Deptº de Engª Mecânica da Universidade Federal de Pernambuco

S4601 - Condicionadores de Ar Individuais e Compactos

**Resumo:** Vários estudos vêm sendo realizados para encontrar substitutos dos fluidos refrigerantes que possuem cloro em sua composição química. Estes gases possuem um alto poder destruidor da camada que protege a terra do excesso de raios solares. O isobutano (R-600a) e o propano (R-290) são opções de substituição, pois além de não possuírem o cloro na sua fórmula química, seu potencial de efeito estufa (GWP) é muito pequeno. O desempenho térmico de um condicionador de ar tipo janela (ACJ) com capacidade de refrigeração correspondente a 7.500 BTU/h foi analisado em um calorímetro inovador construído em módulos, onde estão localizados sensores de temperatura e umidade relativa, bateria de resistências, sistema de umidificação, laminadores de ar e um ventilador auxiliar. Todos os dados fornecidos pelos sensores mencionados foram registrados por um sistema de aquisição de dados. Neste experimento foram utilizados como fluido refrigerante o propano e isobutano, com performances comparadas a ensaios com o R22. A capacidade de refrigeração e o Coeficiente Operacional de Performance (COP) foram avaliados através da análise dos dados obtidos. Os resultados indicaram que o R-290 apresentou um COP comparável ao R-22, não sugerindo mudanças na unidade, como foi o caso do R-600a. Portanto, o R-290 provou ser uma boa alternativa para a substituição do R-22.

**Palavras-chave:** propano, isobutano, R22, condicionador de ar, refrigerantes alternativos.

---

## ANÁLISE EXPERIMENTAL DE SISTEMA CONDICIONADOR DE AR VEICULAR

## OPERANDO SOB FALHAS

**Sergio Libanio de Campos** - Sergio.libanio@gmail.com

**José Luiz Fernandes** - jlui fernandes@gmail.com

Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, CEFET-RJ

**José Alberto Reis Parise** - parise@puc-rio.br

Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, PUC-RIO

S4602 - Condicionadores de Ar Individuais e Compactos

**Resumo.** *O presente trabalho tem por objetivo analisar experimentalmente falhas típicas em sistemas condicionadores de ar veiculares, por meio de experimentos em uma bancada de teste onde se encontram montados todos os componentes um sistema condicionador veicular, além da instrumentação necessária para a aquisição dos dados observados. Foram simuladas duas falhas típicas desses sistemas e duas condições severas de funcionamento, a saber: (i) Impurezas no condensador, simulando a deposição de lama, insetos, poeira etc. em sua superfície de troca de calor; (ii) Impurezas no evaporador, simulando um filtro anti-pólem sujo; (iii) Sobrecarga do condensador, gerada pelo aumento da temperatura do ar de troca de calor e (iv) Carga térmica elevada no evaporador, representada por alta temperatura do compartimento de passageiros do veículo. Foram elaboradas 32 tabelas e 64 gráficos dos valores obtidos nos experimentos, diante da variação da velocidade do compressor versus pressão de descarga do compressor, pressão de sucção do compressor, temperatura do ar na saída do evaporador e o torque gerado pelo sistema, com o sistema operando diante das condições já citadas e suas combinações. Busca-se, desta forma, levantar subsídios para a realização de diagnóstico de falhas nestes sistemas.*

**Palavras-chave:** *Diagnóstico de Falhas, Condicionador de Ar Automotivo*

---