

**PROSUL**  
**Programa Sul-Americano de Apoio às Atividades**  
**de Cooperação em Ciência e Tecnologia**

**ASSESSORIA DE COOPERAÇÃO INTERNACIONAL - ASCIN/CNPq**  
**PROGRAMAS MULTILATERAIS**  
**DETALHAMENTO DE PROJETO**

**Edital CNPq N<sup>o</sup> 015/2004**

**Chamada 1: Projetos Conjuntos de P&D&I**

Arquivo limitado a 2 Mb (dois Megabytes)

**Nome do Proponente:** HELCIO RANGEL BARRETO ORLANDE

**Título do Projeto:** PROJETO DE COOPERAÇÃO SUL-AMERICANA EM IDENTIFICAÇÃO DE PROPRIEDADES FÍSICAS EM TRANSFERÊNCIA DE CALOR E MASSA

**Instituição do Proponente:** PROGRAMA DE ENGENHARIA MECÂNICA / COPPE / UFRJ

**Endereço Completo:** CAIXA POSTAL: 68503

CIDADE UNIVERSITÁRIA, RIO DE JANEIRO, RJ, 21941-972

**Telefone e fax:** 21-2562-8405 (TEL)

21-2562-8383 (FAX)

**Proposta submetida em:** SETEMBRO DE 2004

**1. Relevância do tema: problema(s) e justificativa(s) (máximo de 2 páginas)**

Problema(s) abordado(s); prioridade do(s) problema(s) e abrangência geopolítica; segmentos da sociedade interessados na solução do(s) problema(s); perdas e prejuízos sócio-econômicos e/ou ambientais causados pelo(s) problema(s).

Com a crescente utilização de métodos analíticos, numéricos e híbridos para a simulação computacional de problemas de transferência de calor e massa, torna-se necessário o desenvolvimento de técnicas para a identificação de valores, com grande exatidão, para propriedades físicas que aparecem na formulação do problema. De fato, o desenvolvimento científico e tecnológico se dá de forma significativa através da simulação computacional de fenômenos físicos. Dentro deste escopo, ressalta-se o fato de que resultados pouco confiáveis podem ser obtidos com a simulação computacional de problemas físicos, caso as propriedades físicas que aparecem na formulação do problema não sejam bem conhecidas.

A identificação das propriedades físicas de materiais também está fortemente ligada à simulação computacional de problemas em engenharia ambiental. O estudo da dispersão de poluentes na atmosfera, em solos, rios ou mar, requer a simulação computacional do fenômeno utilizando-se modelos matemáticos específicos. Tais modelos requerem diversos dados de entrada, incluindo-se as propriedades físicas do meio de propagação. A monitoração de poluentes nos diversos meios, a identificação de fontes poluidoras através da identificação de poluentes em estações de medição, bem como a previsão da área influenciada por uma determinada fonte poluidora, são exemplos atuais da necessidade da caracterização das propriedades físicas dos diversos meios de propagação.

Da mesma forma, avanços nas diversas áreas de engenharia, especialmente naquelas ligadas à nanotecnologia e à biotecnologia, envolvem o desenvolvimento de novos materiais, como nano-fluidos e nano-compósitos. Portanto, existe uma crescente demanda para a caracterização de novos materiais, incluindo a identificação de suas propriedades termofísicas. A caracterização de novos materiais, com grande exatidão, permite além de sua integração a novos projetos, o projeto de materiais especiais a serem usados em uma aplicação específica (*function-graded-materials*).

Encontra-se também grande interesse no desenvolvimento e na caracterização de materiais-padrão, que são utilizados na aferição e/ou calibração de equipamentos de identificação de propriedades termofísicas. De fato, recentemente os institutos nacionais de metrologia, como o INMETRO, vem dedicando esforços para a implantação de técnicas-padrão de identificação de propriedades termofísicas.

O uso na indústria de novas metodologias e técnicas de medição, bem adaptadas aos processos industriais, necessitam para sua expansão de metodologias de calibração e de validação de resultados cruzados através de uma rede de laboratórios reconhecidos. Do ponto de vista da colaboração dos melhores grupos trabalhando neste tema, dentro do âmbito da América Latina, este projeto torna-se fundamental. Entre os diversos setores industriais que se beneficiarão pela realização deste projeto, destacam-se:

- a indústria da construção civil, na identificação de propriedades físicas de materiais de construção, como concreto, cimento, rochas, solos, etc.
- a indústria de cerâmica e vidro, na identificação de propriedades físicas destes materiais além de compósitos, pastas, materiais refratários, etc.
- a indústria petroquímica, na identificação de propriedades físicas de óleos, lubrificantes, graxas, plásticos, borrachas, etc.
- a indústria farmacêutica e de alimentos, na identificação de propriedades físicas de materiais granulares, líquidos, etc.
- a indústria madeireira, na identificação de propriedades físicas destes materiais;
- a indústria metalúrgica, na identificação de propriedades físicas de aços, ligas de alumínio, cobre, materiais refratários, etc.
- a indústria eletro-eletrônica, na identificação de propriedades físicas de materiais semicondutores, filmes finos, compósitos, etc.
- a indústria automobilística e aeroespacial, na identificação de propriedades físicas de materiais compósitos, metálicos, de proteção térmica de alta temperatura, etc.

A identificação de propriedades físicas de materiais se enquadra dentro de uma classe geral de problemas denominados de *problemas inversos* [1,2]. *Problemas Diretos* de transferência de calor e massa envolvem a determinação do campo de temperatura e/ou concentração, a partir do conhecimento da geometria do problema, condições de contorno e inicial, temos-fonte presentes na região e das propriedades físicas envolvidas na formulação. Problemas diretos, formulados de maneira apropriada, são matematicamente classificados como bem-postos, isto é, a solução do problema satisfaz os critérios de existência, unicidade e estabilidade com relação aos dados de entrada. Por outro lado, *Problemas Inversos* envolvem a estimativa de pelo menos um dos parâmetros/funções que aparecem na formulação do problema direto bem-posto, a partir do conhecimento dos valores de temperatura e/ou concentração em pontos apropriados na região em estudo [1,2]. Por exemplo, as propriedades termofísicas de um material usado na proteção térmica de um veículo espacial podem ser estimadas quando são conhecidas as condições de contorno e a condição inicial do problema, assim como a geometria do corpo, tomando-se medidas de temperatura dentro do material [3].

Aliado à solução de problemas inversos existe o desenvolvimento de experimentos ótimos. Tal desenvolvimento consiste na escolha de variáveis experimentais, como localização e número de sensores, duração da experiência, condições de contorno apropriadas, etc, a fim de que as medidas forneçam o máximo de informação para a estimativa dos parâmetros ou funções. Com isso, novos conceitos experimentais podem ser desenvolvidos, resultando em valores com menor incerteza para os parâmetros ou funções a serem estimados, bem como na redução do tempo de resposta do sistema para a obtenção da estimativa.

A identificação das propriedades físicas de materiais através das técnicas de solução de problemas inversos, pode ser complementada pela sua previsão teórica utilizando-se rigorosas técnicas estatísticas e de teoria de homogeneização.

Especificamente, os objetivos deste trabalho são:

1. Desenvolvimento de novas técnicas de identificação de propriedades físicas;
2. Aperfeiçoamento de técnicas de identificação de propriedades físicas já existentes;
3. Atendimento às demandas da indústria em termos da caracterização de novos materiais;
4. Comparação dos resultados obtidos com as diferentes técnicas para materiais-padrão, utilizando, inclusive, equipamentos-padrão existentes nos institutos de metrologia.

## 2. Estado-da-arte (máximo de 2 páginas)

Apresentar o contexto de desenvolvimento do projeto quanto aos aspectos técnico-científicos, ressaltando: trabalhos relevantes sobre o tema realizados no País e/ou no exterior; análise comparativa entre a situação atual e a situação pretendida quanto ao estágio de desenvolvimento científico-tecnológico do tema na região sul-americana.

Problemas inversos, como os que serão abordados neste projeto envolvendo a identificação de propriedades físicas, são de um modo geral matematicamente classificados como *mal-postos*. A solução de um problema inverso normalmente não satisfaz o critério de estabilidade, onde pequenas perturbações nos dados de entrada (por exemplo erros nas medidas experimentais de temperatura e/ou concentração) podem ser amplificadas, gerando soluções com grandes oscilações. Portanto, para a obtenção da solução de um problema inverso é necessário reformulá-lo em termos de um problema bem-posto, como um problema de minimização com técnicas apropriadas de regularização (suavização). Dentro deste âmbito, problemas inversos podem ser resolvidos através da *estimativa de parâmetros*, onde a minimização é realizada em um espaço de dimensão finita, ou através da *estimativa de funções*, onde a minimização é realizada em um espaço de funções de dimensão infinita [2]. Dependendo da propriedade física a ser estimada, que pode ser constante ou, por exemplo, função da temperatura ou da concentração, os problemas inversos de estimativa de propriedades físicas em problemas de transferência de calor e massa podem ser resolvidos como estimativa de parâmetros [3-23, 27,28,31-33,35,36] ou estimativa de função [24-26, 29,30,34,27]. Deve-se notar o fato de que, utilizando-se de um problema de minimização para a estimativa de parâmetros/funções, a questão de identificação de um mínimo global entre vários mínimos locais deve também ser abordada. Para evitar-se mínimos locais no processo de minimização, deve ser usado um algoritmo híbrido, que faz uso de técnicas determinísticas e estocásticas de minimização [38].

Este projeto tem como principal objetivo dar continuidade ao esforço que vem sendo dedicado nos diferentes países envolvidos, para o desenvolvimento de aparatos experimentais para a estimativa de propriedades físicas em problemas de transferência de calor e massa. Tais aparatos experimentais estão sendo desenvolvidos tendo como princípio básico o projeto ótimo de experimentos, utilizando o critério D-ótimo [1,2] e a solução de problemas inversos. Tais trabalhos vem sendo desenvolvidos com o enfoque de aplicação a problemas práticos de engenharia, de interesse para o continente Sul-Americano e com alto cunho tecnológico, como por exemplo: o projeto do repositório brasileiro de rejeitos radioativos; o projeto do sistema de proteção térmica do satélite brasileiro de reentrada atmosférica (SARA); e o desenvolvimento de materiais compósitos.

Dentre os recentes avanços conseguidos nesta linha de pesquisa ora proposta, temos:

- **Sólidos Homogêneos:** Solução do problema inverso e desenvolvimento de aparato experimental para estimativa simultânea da capacidade térmica volumétrica e da condutividade térmica de sólidos homogêneos [11,15,21-29,39,40];
- **Sólidos Ortotrópicos:** Solução do problema inverso e desenvolvimento de aparato experimental para estimativa de propriedades termofísicas de sólidos ortotrópicos [5,7,9,12,16,27];
- **Materiais Granulares e Líquidos Viscosos:** Estudo sobre o projeto ótimo e solução do problema inverso para a estimativa das propriedades termofísicas de materiais granulares e líquidos viscosos, utilizando o método da sonda linear [13,31,41,42];
- **Coefficientes de Difusão e Dispersão de Massa:** Estes trabalhos envolvem a utilização de medidas de condutividade elétrica, bem com a utilização de técnicas de medição de radioatividade, para determinação da concentração salina em colunas de difusão e advecção, a fim de identificar os coeficientes de difusão e dispersão [4,6,8,10,14,17-20,30,32,33].
- **Método Flash:** Implementação no Brasil de um método primário e procedimento padrão para a identificação de difusividade térmica, baseado no Método Flash, que viabilizará o desenvolvimento de novas técnicas de identificação de propriedades termofísicas. O estabelecimento de um método primário no Brasil, padronizado pela ASTM segundo a norma E1461, é de interesse para diversas indústrias brasileiras, diminuindo a dependência externa com relação à realização de ensaios normatizados. Tal projeto é o

resultado de uma parceria entre o INMETRO (Divisão de Metrologia Térmica e Divisão de Materiais) e a COPPE (Programa de Engenharia Mecânica) [35,36];

- **Materiais Ablativos:** Materiais ablativos são comumente usados na proteção térmica de tuberias de foguetes, assim como em naves espaciais nas regiões mais sujeitas ao aquecimento aerodinâmico, o que é crítico em veículos em reentrada na atmosfera. Com o crescente uso de materiais ablativos, torna-se necessário o desenvolvimento de métodos de estimativa de propriedades termofísicas com grande exatidão. Neste contexto já foi resolvido o problema inverso de estimativa simultânea da condutividade térmica, capacidade térmica volumétrica e calor de ablação de materiais ablativos, com decomposição por pirólise desprezível. Devido à pequena magnitude dos coeficientes de sensibilidade com relação ao calor de ablação, utilizou-se neste trabalho uma técnica híbrida composta do método de Levenberg-Marquardt e do método da estimativa sequencial de Beck [1]. Este trabalho faz parte do *Projeto Termo-estrutural do Sistema de Proteção Térmica do Satélite Brasileiro de Reentrada Atmosférica (SARA)* e vem sendo desenvolvido no âmbito de um projeto da COPPE com a Agência Espacial Brasileira (AEB), coordenado pelo Prof. Renato M. Cotta. Dentro do âmbito deste projeto, já foi construída uma bancada experimental para a estimativa das propriedades de materiais ablativos, usando-se aquecimento com o maçarico oxi-acetilênico [34].
- **Técnicas de Tomografia:** A identificação de obstáculos, inclusões, falhas e não-homogeneidades, em problemas modelados pela equação de difusão normalmente envolvem a especificação do fluxo e a medição da função sobre parte da fronteira do corpo, para a identificação do coeficiente de difusão e/ou do termo-fonte. Portanto, a questão da unicidade da solução é crítica, para que não sejam tomadas falsas conclusões em função de estimativas errôneas destas funções. É clara a gravidade decorrente, por exemplo, da identificação errônea de um tumor inexistente, ou da não-identificação de um tumor existente, em um paciente submetido a um exame de tomografia. A equação de difusão pode ser usada na modelagem de problemas de condução de calor, escoamento de águas subterrâneas, tomografia ótica e tomografia elétrica de impedância. Dentro deste estudo, foi resolvido o problema inverso de estimativa simultânea do coeficiente de difusão e do termo-fonte em problemas 1D [37,38].
- **Determinação dos Campos de Propriedades Termofísicas por Termografia em Meios Heterogêneos:** A determinação dos campos de condutividade e difusividade térmica por técnicas de tratamento de imagens térmicas é um problema aberto, para o qual a principal motivação atual reside no acoplamento de modelos e técnicas de inversão adequados, capazes de processar uma importante fluxo de dados, conjuntamente com a estimativa simultânea de um grande número de parâmetros. Entre os trabalhos realizados pelos participantes deste projeto encontram-se o estudo dos fenômenos de difusão em meios heterogêneos e a detecção de fraturas por meios autoregressivos e de excitação aleatória [43,44]
- **Determinação da Distribuição do Tamanho de Partículas de Emulsões Poliméricas:** A necessidade de conhecer-se a distribuição de tamanhos de partículas destas emulsões é muito importante, pois: (i) ela determina características importantes do material, como propriedades reológicas, mecânicas e físicas; (ii) Ela influencia mecanismos físico-químicos (absorção, desorção e destruição de radicais livres). Ente os métodos de medida desta variável encontramos a Técnica de Espalhamento de Luz (Elastic Light Scattering – ELS) [45-56].

Este projeto tem como principal objetivo dar continuidade ao esforço que vem sendo dedicado nas instituições participantes, para o desenvolvimento de aparatos experimentais de estimativa de propriedades físicas em problemas de transferência de calor e massa. Tais aparatos experimentais estão sendo desenvolvidos tendo como princípio básico o projeto ótimo de experimentos, utilizando o critério D-ótimo [1,2] e a solução de problemas inversos. Pretende-se com a realização deste projeto, além da integração dos países participantes, o ampliação do desenvolvimento recente, que permitirá reduzir a dependência externa em relação a identificação de propriedades termofísicas. A realização deste projeto também permitirá a agregação de outros países, através de suas universidades, centros de pesquisa e institutos de metrologia, com interesse neste tema específico, de modo a formar no futuro uma “Rede Sul-Americana de Propriedades Físicas”.

### **3. Objetivos, metas e resultados (máximo de 3 páginas)**

Explicitar claramente os objetivos, as metas, os indicadores e os impactos dos resultados esperados para acompanhamento e avaliação; apontar formas de difusão dos resultados gerados na pesquisa.

Especificamente, **os objetivos deste projeto** são:

1. Desenvolvimento de novas técnicas de identificação de propriedades físicas;
2. Aperfeiçoamento de técnicas de identificação de propriedades físicas já existentes;
3. Atendimento às demandas da indústria em termos da caracterização de novos materiais;
4. Comparação dos resultados obtidos com as diferentes técnicas para materiais-padrão, utilizando inclusive equipamentos-padrão existentes nos institutos de metrologia.

As **metas específicas do projeto** são:

- Desenvolvimento de aparato experimental para estimativa de propriedades termofísicas de sólidos ortotrópicos;
- Aperfeiçoamento do aparato experimental para estimativa simultânea da capacidade térmica volumétrica e da condutividade térmica de sólidos, incluindo a utilização do mesmo em ambiente controlado em vários níveis de temperatura;
- Estudo sobre o projeto ótimo e solução do problema inverso para a estimativa das propriedades termofísicas de materiais granulares e líquidos viscosos, utilizando o método da sonda linear;
- Aperfeiçoamento de aparato experimental utilizando o método da sonda linear;
- Desenvolvimento de aparato experimental para estimativa do coeficiente aparente de difusão de massa, usando a técnica de medição de condutividade elétrica;
- Desenvolvimento de aparato experimental para estimativa do coeficiente de dispersão, usando a técnica de medição de condutividade elétrica;
- Estudo sobre a utilização de técnicas de tomografia para a identificação dos coeficientes de difusão e de dispersão em problemas de transferência de massa.
- Estudo sobre a utilização de técnicas híbridas de otimização para a minimização do funcional objetivo em problemas com múltiplos mínimos.
- Desenvolvimento de aparato experimental de tomografia elétrica de impedância para a identificação de propriedades de difusão/dispersão de poluentes em solos.
- Determinação dos campos de propriedades termofísicas por termografia em meios heterogêneos
- Validação dos resultados obtidos com as técnicas desenvolvidas, utilizando-se métodos padrão.
- Utilização de técnicas de homogeneização para previsão teórica de propriedades físicas de materiais compósitos e granulares
- Estimativa simultânea do índice de refração e da distribuição do tamanho de partículas utilizando-se técnicas de espalhamento de luz
- Comparação dos resultados obtidos através de técnicas de homogeneização com os resultados experimentais
- Cursos anuais sobre novos métodos/técnicas de identificação de propriedades físicas.
- Workshops anuais sobre novos métodos/técnicas de identificação de propriedades físicas.

Como produtos deste projeto tem-se os aparatos experimentais e as técnicas de identificação de propriedades físicas a serem desenvolvidas, conforme enumerado abaixo.

**Indicadores de Progresso ao final de cada 6 meses de projeto:**

- Conclusão do estudo sobre o projeto ótimo, solução do problema inverso e aparato experimental para estimativa de propriedades termofísicas de sólidos ortotrópicos;
- Aperfeiçoamento do aparato experimental para estimativa simultânea da capacidade térmica volumétrica e da condutividade térmica de sólidos;

- Conclusão do estudo sobre o projeto ótimo e solução do problema inverso para a estimativa das propriedades termofísicas de materiais granulares e líquidos viscosos, utilizando o método da sonda linear;
- Desenvolvimento de aparato experimental para estimativa do coeficiente aparente de difusão de massa;
- Desenvolvimento de aparato experimental para estimativa do coeficiente de dispersão de poluentes em meios porosos;
- Solução do problema inverso ligado à tomografia ótica e à tomografia elétrica de impedância;
- Desenvolvimento de aparato experimental de tomografia elétrica de impedância para a identificação de propriedades de difusão/dispersão de poluentes em solos.
- Conclusão do estudo sobre a determinação dos campos de propriedades termofísicas por termografia em meios heterogêneos;
- Solução do problema inverso de estimativa simultânea do índice de refração e da distribuição do tamanho de partículas utilizando-se técnicas de espalhamento de luz;
- Validação das técnicas desenvolvidas;
- Reuniões de trabalho estabelecendo/avaliando as metas de cada período do projeto;
- Workshops anuais sobre novos métodos/técnicas de identificação de propriedades físicas;
- Cursos anuais sobre novos métodos/técnicas de identificação de propriedades físicas;
- Resultados da previsão teórica das propriedades físicas;
- Comparação dos resultados obtidos através de técnicas de homogeneização com os resultados experimentais;
- Criação da *Rede Sul-Americana de Propriedades Físicas*.

#### **Indicadores de resultados ao final do projeto:**

- Desenvolvimento de aparato experimental para estimativa de propriedades termofísicas de sólidos ortotrópicos;
- Aperfeiçoamento de aparato experimental utilizando o método da sonda linear;
- Desenvolvimento de aparato experimental com a utilização de técnicas de tomografia elétrica para a identificação de propriedades físicas.
- Conclusão do estudo sobre a utilização de técnicas híbridas de otimização para a minimização do funcional objetivo em problemas com múltiplos mínimos.
- Artigos de co-autoria dos participantes do projeto publicados em congressos internacionais com processo de revisão.
- Artigos de co-autoria dos participantes do projeto publicados em revistas internacionais indexadas.
- Workshops anuais sobre novos métodos/técnicas de identificação de propriedades físicas.
- Cursos anuais sobre novos métodos/técnicas de identificação de propriedades físicas.

#### **Repercussão e/ou impactos dos resultados:**

- Domínio e desenvolvimento de novas tecnologias para identificação de propriedades físicas;
- Aplicação das técnicas desenvolvidas à caracterização de novos materiais;
- Obtenção de dados com maior exatidão para propriedades físicas de materiais, que podem ser usados para a obtenção de resultados mais precisos com a simulação computacional de fenômenos.
- Agregação de outros países, através de suas universidades, centros de pesquisa e institutos de metrologia, com interesse neste tema específico, de modo a formar a "*Rede Sul-Americana de Propriedades Físicas*".

Deve-se salientar o fato de que os pesquisadores participantes deste projeto de cooperação tem grande envolvimento na formação de pessoal, a nível de graduação e de pós-graduação. De fato, muitos dos trabalhos já desenvolvidos na linha de pesquisa em questão fizeram parte do

treinamento, a nível de graduação, mestrado ou doutorado, de vários estudantes das universidades proponentes. Portanto, espera-se que a realização deste projeto possibilite também a maior integração dos estudantes com seus colegas dos outros países participantes, bem como uma experiência internacional através de estágios, visitas técnicas, seminários e cursos.

#### **4. Metodologia (máximo de 3 páginas)**

---

Descrever os métodos que planeja utilizar para abordar os objetivos do projeto.

Os problemas inversos de identificação de propriedades físicas a serem abordados dentro do escopo deste projeto serão resolvidos através de técnicas de estimativa de parâmetros ou de estimativa de funções. Para tanto, será utilizado o Método de Levenberg-Marquardt de minimização da norma de mínimos quadrados. Este método foi desenvolvido em épocas diferentes por Levenberg e por Marquardt. Enquanto Levenberg partiu de uma modificação da norma de mínimos-quadrados, a intenção de Marquardt era obter um método que se aproximasse do método de Gauss na vizinhança do ponto de mínimo da função objetivo e se aproximasse do método do gradiente (“steepest-descent”) na vizinhança da estimativa inicial do processo iterativo. A experiência do grupo do LTTC/PEM/COPPE/UFRJ com a utilização deste método em diferentes problemas de estimativa de parâmetros tem sido muito boa. Ele é robusto, estável, converge para valores-iniciais razoavelmente distantes dos valores exatos dos parâmetros e converge mais rápido do que o método do gradiente conjugado de estimativa de parâmetros.

O grupo do LTTC/PEM/COPPE/UFRJ vem usando o método do gradiente conjugado com problema adjunto para estimativa de função. Tal método é bastante robusto, estável e pode ser facilmente estendido para a identificação de mais de uma função. A regularização deste método é obtida através da escolha do critério de parada do procedimento iterativo. Para sua implementação são resolvidos dois problemas auxiliares, a saber: problema de sensibilidade e problema adjunto.

Medidas experimentais simuladas computacionalmente serão usadas na solução dos problemas inversos, a fim de se verificar a incerteza das estimativas obtidas. Tais medidas simuladas serão obtidas a partir da solução dos problemas diretos, usando-se valores pré-especificados para os parâmetros e/ou funções. Erros randômicos com distribuição normal serão adicionados à solução de cada problema direto a fim de simular-se medidas experimentais reais.

Antes da solução dos problemas inversos, diversas variáveis experimentais características de cada problema, tais como o número e a localização dos sensores, tempo de duração da experiência, condições de contorno, etc, serão otimizadas a fim de que sejam estimados parâmetros/funções com pequena variância. Será utilizado o critério D-ótimo e a análise dos coeficientes de sensibilidade, no caso de estimativa de parâmetros[1,2]. Os coeficientes de sensibilidade com relação a cada um dos parâmetros desconhecidos devem ser analisados para que possam ser identificadas regiões de dependência linear e baixa magnitude, as quais caracterizam o mal-condicionamento do problema e, portanto, devem ser evitadas. Além disso, será analisado o comportamento do determinante da matriz de informação segundo o critério D-ótimo de projeto dos experimentos [1,2].

Deve-se notar o fato de que, utilizando-se de um problema de minimização para a estimativa de parâmetros/funções, a questão de identificação de um mínimo global entre vários mínimos locais deve também ser abordada. Para evitar-se mínimos locais no processo de minimização, deve ser usado um algoritmo híbrido, que faz uso de técnicas determinísticas e estocásticas de minimização [38]. Métodos de otimização baseados em algoritmos envolvendo gradientes de função tendem a ter uma convergência extremamente rápida, a qual resulta em um mínimo global para funções cuja topologia não possui mínimos locais, ou para o caso da estimativa inicial para as variáveis encontrar-se em um vale onde o único mínimo possível é o mínimo global. Dentro dessa categoria, um método de destacado desempenho é o Método do Gradiente Conjugado com Problema Adjunto. No caso de um elevado número de parâmetros, o problema adjunto (que envolve a solução de um problema para o multiplicador de Lagrange) fornece uma alternativa de baixo custo para a estimativa do gradiente da função objetivo. No entanto, caso a topologia da função possua diversos mínimos locais, tais métodos baseados em gradientes não possuem convergência garantida para um mínimo global e são suscetíveis à escolha da estimativa inicial para as variáveis. Recentemente, métodos não-determinísticos, envolvendo conceitos que tendem a reproduzir fenômenos naturais de seleção, têm se destacado por serem capazes de encontrar a região de mínimo global de uma determinada função objetivo. Entretanto, estes métodos têm convergência lenta quando se aproximam do mínimo global. Uma alternativa que vem sendo empregada são os chamados métodos híbridos, os quais utilizam métodos não-determinísticos para localizar a região de mínimo global de uma determinada função e a partir daí deixam a tarefa para métodos envolvendo gradientes.

Os aparatos experimentais serão desenvolvidos nos próprios laboratórios participantes. Prevê-se a utilização de sistemas automáticos de aquisição de dados por computador para todos os aparatos experimentais. Existe também a possibilidade da utilização da técnica de estimativa sequencial desenvolvida por Beck [1,11], que pode ser realizada simultaneamente à experiência.

Os resíduos das variáveis medidas serão analisados ao fim do processo de estimativa de parâmetros/funções. Desta forma, será possível detectar-se a utilização de modelos matemáticos inapropriados para as experiências e corrigi-los a fim de obter-se estimativas mais acuradas e precisas para os parâmetros.

Três grandes ferramentas analíticas são extremamente importantes para a determinação teórica, via métodos analítico-numéricos, de propriedades térmicas de meios heterogêneos: teoria da homogeneização, cálculo variacional e teoria estatística e de probabilidades. A primeira permite o tratamento matematicamente rigoroso de meios multicomponentes com microestrutura periódica, levando a uma definição não-ambígua de propriedade efetiva. Os métodos variacionais são relevantes para a construção de modelos, em nível da microescala, que levam a limites inferiores e superiores das propriedades efetivas de configurações com rigidez geométrica. Finalmente, a teoria estatística e de probabilidades é necessária para a determinação e validação das grandezas de interesse na prática, como propriedades médias e seus respectivos desvios-padrões. Essas três ferramentas analíticas são acopladas a métodos numéricos para formar a metodologia para análise de fenômenos de transporte em meios multicomponentes de múltiplas escalas (como é o caso dos materiais compósitos). Nas referências [57-59], encontra-se todo o detalhamento técnico. Primeiramente, é necessária uma descrição macroscópica do fenômeno analisado no meio multicomponente. A propriedade efetiva de interesse é calculada através da solução do problema da mesoescala, que se dá em quatro níveis interligados, possibilitando a determinação da propriedade efetiva em função dos parâmetros do problema. No problema da microescala, procura-se mitigar o efeito nocivo da rigidez geométrica; o procedimento da microescala, que leva a um valor da propriedade efetiva com um erro a posteriori definido, é descrito com todos os seus detalhes técnicos em. Na solução numérica do problema da mesoescala e posterior determinação (numérica) das propriedades efetivas (macroscópicas), são utilizados os métodos dos elementos finitos. A discretização por elementos finitos é atraente, basicamente, pela sua flexibilidade geométrica, tão importante no estudo de MM, e ótima compatibilização com métodos variacionais, simplificando a implementação de condições de contorno e dos modelos em nível da microescala. O gerador de malhas 2-D/3-D utilizado é o NETGEN. O método de Monte-Carlo é o mais eficiente para o tratamento numérico dos aspectos estatísticos e probabilísticos que acompanham o estudo [57-59].

Os recursos solicitados basicamente envolvem passagens e diárias para os cursos/workshops a serem realizados dentro do escopo deste projeto de cooperação. Equipamentos, bem como todo material de consumo, necessários para a realização das experiências e simulações numéricas dentro das atividades propostas, fazem parte da contrapartida das instituições participantes.

## 5. Informações sobre as equipes estrangeiras

Identificar todos os membros das equipes estrangeiras informando nome, instituição, sigla, país e titulação.

<b>Equipes estrangeiras:</b>				
Liste os pesquisadores integrantes das equipes estrangeiras.				
<b>Nome</b>	<b>Instituição</b>	<b>Sigla</b>	<b>País</b>	<b>Titulação</b>
OLIVIER FUDYM	Universidad de Santiago de Chile	USACH	Chile	Ph.D.
ROBERTO SANTANDER	Universidad de Santiago de Chile	USACH	Chile	Ph. D.
GLORIA L. FRONTINI	Instituto de Investigaciones en Ciencia y Tecnología de Materiales- Univ. Nac. de Mar del Plata	INTEMA UNMdP	Argentina	Ph.D.

## **6. Justificativa para a cooperação internacional (máximo de 1 página)**

Descrever a inserção/interesse do tema da pesquisa nos cenários nacional e internacional, justificando os benefícios desta cooperação.

Este projeto envolve a participação de instituições Brasileiras (COPPE/UFRJ, IME, CNEN, UFU, USP-SC, UFPB e INMETRO), Chilena (USACH) e Argentina (UNMP) com grande reputação internacional. Entre as instituições brasileiras, procurou-se contemplar a influência regional, tendo participantes do Rio de Janeiro (COPPE/UFRJ, IME, CNEN, INMETRO), oeste de São Paulo (USP- São Carlos), triângulo mineiro (UFU) e nordeste (UFPB). Chama-se a atenção para o fato da participação do INMETRO neste projeto, trazendo toda sua capacitação na área metrológica, bem como a excelência em padrões primários de medida.

O desenvolvimento de métodos de identificação de propriedades físicas vem recentemente ganhando grande impulso em diversos países. Dentre as necessidades de desenvolvimento destes métodos, bem como de implantação de equipamentos padronizados para servirem como padrão de medida, temos:

- A obtenção de resultados computacionais precisos com métodos analíticos, numéricos e híbridos, na simulação de problemas de transferência de calor e massa.
- O estudo da dispersão de poluentes na atmosfera, em solos, rios ou mar, através da simulação computacional dos fenômenos envolvidos, utilizando-se modelos matemáticos específicos que requerem diversos dados de entrada, incluindo-se as propriedades físicas do meio de propagação.
- A monitoração de poluentes nos diversos meios, a identificação de fontes poluidoras através da identificação de poluentes em estações de medição, bem como a previsão da área influenciada por uma determinada fonte poluidora.
- Desenvolvimento de novos materiais, como aerogel de sílica, nano-fluidos e nano-compósitos.
- Desenvolvimento e caracterização de materiais-padrão, que são utilizados na aferição e/ou calibração de equipamentos de identificação de propriedades termofísicas.

As universidades, centros de pesquisa e instituto de metrologia proponentes deste projeto já vem trabalhando no sentido de suprir seus países com métodos/equipamentos capazes de resolver os problemas enumerados acima.

Com a realização deste projeto de cooperação internacional será possível uma operação coordenada no sentido de somar esforços, ao invés de repetí-los, para capacitar os diferentes países participantes com recursos tecnológicos, visando o atendimento das necessidades particulares de desenvolvimento. De fato, a realização deste projeto é de interesse para diversos setores industriais, como, por exemplo: construção civil, cerâmica e vidro, petroquímico, farmacêutico e alimentos, madeireiro, metalúrgico, eletro-eletrônico, automobilístico e aerospacial.

Os pesquisadores participantes deste projeto de cooperação internacional tem grande envolvimento na formação de pessoal, a nível de graduação e de pós-graduação. De fato, muitos dos trabalhos já desenvolvidos na linha de pesquisa em questão fizeram parte do treinamento a nível de graduação, mestrado ou doutorado, de vários estudantes das universidades proponentes. Portanto, espera-se que a realização deste projeto possibilite também a maior integração dos estudantes com seus colegas dos outros países participantes, bem como uma experiência internacional através de estágios, visitas técnicas, seminários e cursos.

A realização deste projeto também permitirá a agregação de outros países, através de suas universidades, centros de pesquisa e institutos de metrologia, com interesse neste tema específico, de modo a formar no futuro uma “*Rede Sul-Americana de Propriedades Físicas*”.

## **7. Histórico, modelo de gestão e compromisso das instituições participantes do projeto (máximo de 3 páginas)**

Elaborar breve histórico das instituições nacionais e estrangeiras envolvidas, descrevendo o papel e a contribuição científica e tecnológica de cada uma para o projeto; apresentar histórico do envolvimento dos grupos, identificando experiências conjuntas antecedentes, quando for o caso; descrever o arranjo institucional e/ou formas de interação pretendidos.

A COPPE (Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pesquisa e Ensino de Pós-Graduação em Engenharia), fundada em 1963, é uma das quatro unidades que constituem o Centro de Tecnologia (CT) da UFRJ. As unidades básicas que compõem a estrutura acadêmica da COPPE são os Programas, em número de 12, a saber: Civil, Elétrica, Mecânica, Metalurgia e Materiais, Nuclear, Oceânica, Planejamento Energético, Produção, Química, Sistemas e Computação e Transportes. Empenho junto ao Ministério da Educação, à Reitoria e à iniciativa privada possibilitou a construção de um novo prédio para abrigar 15 laboratórios da COPPE, anteriormente localizados no subsolo do Bloco I, que é o bloco de laboratórios da COPPE. A constante preocupação com a integração da graduação com a pós-graduação e a necessidade de oferecer condições adequadas ao ensino e à pesquisa gerou um movimento no sentido da recuperação do Bloco I, do Centro de Tecnologia. O Projeto I-2000, como foi denominado, foi uma reengenharia do Bloco I e promoveu a recuperação e ampliação do prédio assim como o planejamento do seu uso comum envolvendo outras unidades da UFRJ. Esta integração foi feita através de uma parceria Universidade-Empresa-Estado, segundo diretrizes estabelecidas por meio de convênios assinados pela COPPE, UFRJ, Governo do Estado do Rio de Janeiro, PETROBRÁS e Ministério da Educação. O relevante papel de integração com empresas e captação de novos projetos, na procura constante da inovação tecnológica, é desenvolvido na COPPE através da Fundação COPPETEC. Em 1965, foi fundado o Programa de Engenharia Mecânica (PEM) da COPPE. Atualmente, o corpo docente do PEM é constituído de 23 doutores em regime de dedicação exclusiva. Desde a sua criação, as atividades do PEM têm sido marcadas pela excelência, tornando-se um marco na Engenharia Mecânica do País. Os mestres e doutores formados neste Programa desempenham com competência suas atividades nas indústrias, nos departamentos de projeto, e nos centros de pesquisa de grandes empresas, como a PETROBRÁS, EMBRAER, ELETROBRÁS, PROMON, METAL LEVE, GE, CNEN, etc. Além desses, muitos outros integram o corpo docente de várias universidades do País. O PEM mantém intercâmbio científico com diversas universidades, centros de pesquisa do país e do exterior e agências de fomento, entre eles o LNCC, INMETRO, PUC-RIO, UNB, UFF, INT, INPE/MCT, IAE/MAer, AEB, CNEN, University of Miami, North Carolina State University, University of Illinois at Chicago, Florida International University, Instituto Superior Técnico de Lisboa, Wolfram Research e Renault. O Laboratório de Transmissão e Tecnologia do Calor - LTTC/PEM/COPPE/UFRJ é um dos laboratórios de maior produção científica da COPPE, com reconhecida reputação internacional, ilustrada pela participação de seus docentes em Conselhos Científicos de entidades internacionais (*Assembly of International Heat Transfer Conferences e International Center for Heat and Mass Transfer*), em Comitês Científicos dos principais congressos internacionais na área, bem como dos Conselhos Editoriais de suas principais revistas científicas internacionais (*Int. Journal of Heat & Mass Transfer, Heat Transfer Engineering, Int. Journal of Thermal Sciences, Int. Journal of Numerical Methods in Heat & Fluid Flow, Hybrid Methods in Engineering, Applied Mathematical Modeling, Comm. Numerical Methods in Engineering, Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering e Inverse Problems in Science and Engineering*). Recentemente, professores do LTTC publicaram internacionalmente vários livros abordando métodos computacionais para a solução de problemas diretos e inversos de transferência de calor. Como sinal do reconhecimento internacional deste setor, além dos inúmeros acordos de cooperação internacional com universidades no exterior, é importante ressaltar o convênio assinado com a *Wolfram Research*, fabricante do software *Mathematica*, que qualificou no ano 2000 o LTTC como um *Mathematica Technical Center*. Além disso, em uma iniciativa conjunta da COPPE, do EPRI (Electric Power Research Institute) e da Tetra-Tech, Inc. (grande empresa de consultoria ambiental dos Estados Unidos), foi criado dentro das dependências do LTTC o *CASEE, Center for Analysis and Simulations in Environmental Engineering*.

O Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica do Instituto Militar de Engenharia (IME), criado em 1973, objetiva a formação de recursos humanos civis e militares e a realização de pesquisa básica e aplicada em áreas de interesse da Engenharia Mecânica. A primeira dissertação de mestrado foi defendida em 1977 e, até março de 2004, 156 mestres foram formados. O curso é credenciado pelo Conselho Federal de Educação desde 1983. Os programas que compõem a estrutura acadêmica do IME são, a saber: Engenharia Nuclear (Mestrado), Engenharia de Transportes (Mestrado), Engenharia Elétrica (Mestrado), Engenharia Mecânica (Mestrado), Engenharia de Materiais (Mestrado e Doutorado), Engenharia Química (Mestrado e Doutorado), Engenharia Cartográfica (Mestrado), Engenharia de Sistemas (Mestrado). O Programa de Mestrado em Engenharia Mecânica se encontra organizado em duas áreas de concentração: (i) *Termodinâmica*: Tópicos associados à modelagem, simulação e análise de fenômenos e processos nas áreas de Fenômenos de Transporte e Engenharia Térmica são de interesse para essa linha de pesquisa; (ii) *Projetos Mecânicos*: A modelagem, simulação e análise de fenômenos físicos associados à área de concentração em Mecânica dos Sólidos são tratadas nesta linha de pesquisa. Procedimentos analíticos, numéricos e experimentais são utilizados como ferramentas na abordagem de assuntos que envolvem Análise de Tensões e Dinâmica de Corpos Rígidos e Flexíveis. O corpo docente do Programa de Mestrado em Engenharia Mecânica é composto de 16 professores, sendo 10 com doutorado obtido por instituições nacionais (COPPE/UFRJ, PUC-RJ e ITA), 3 com doutorado obtido por instituições estrangeiras (North Carolina State University, ENSHMG/INPG – Grenoble e New Mexico Inst. of Mining & Tech.) e 3 em processo de doutoramento, sendo 2 em instituições nacionais (COPPE/UFRJ e PUC-RJ) e 1 em instituição estrangeira (Universitat Duisburg – Alemanha). Dos 16 professores, 6 estão ligados diretamente à área de concentração de termodinâmica.

A Universidade de Santiago de Chile é uma das instituições de educação superior com maior tradição e relevância no Chile, desde sua criação a cento e cinquenta e quatro anos. Nascida com a *Escuela de Artes y Oficios*, mas tarde se integrou a outras instituições de educação para formar a *Universidad Técnica del Estado*. Seis faculdades tem o programa de doutorado e 28 de mestrado.

O INTEMA (*Instituto de Investigaciones en Ciencia y Tecnología de Materiales*), fundado em 1982, é um dos institutos de pesquisa da Universidade de Mar del Plata (UNMP) e faz parte do Conselho Nacional de Pesquisa Científica e Técnica (CONICET) da Argentina. Os 3 objetivos do instituto são: Desenvolver pesquisa básica na ciência e tecnologia dos materiais, com ênfase em suas aplicações funcionais e estruturais; Participar na educação e treinamento de recursos humanos, participando das atividades de ensino de graduação e pós-graduação; Interagir com as indústrias através de projetos conjuntos e trabalhos de consultoria. O INTEMA tem aproximadamente 130 membros, incluindo pesquisadores, estudantes de pós-graduação, profissionais e técnicos. As atividades de pesquisa são organizadas nos seguintes seis setores: Cerâmica, Corrosão, Metalurgia, Soldagem, Fratura e Polímeros. O setor de polímeros iniciou suas atividades em 1987, antes do INTEMA ser estabelecido em 1982. Hoje, quinze pesquisadores desenvolvem suas pesquisas em Tecnologia e Ciência de Polímeros. Entre os principais tópicos de pesquisa temos polímeros termoreguláveis, como resinas fenólicas, poliésteres não saturados, epóxis e outros; termoplásticos, como poliésteres, polietilenos e polipropilenos. Materiais compósitos, biodegradáveis e biocompatíveis, usados em implantes e agentes dosadores de drogas também são estudados. Para uso como adesivos e matrizes de compósitos, polímeros de epóxi são modificados para aumento de resistência e diminuição de tensões residuais. Poliésteres não saturados e resinas de vinil-éster são principalmente usadas como matrizes de compósitos. Grande parte dos trabalhos nesta linha envolvem a melhoria da interação e adesão entre a matriz e as fibras. Para uso em ótica/eletrônica, a separação de fase de cristais líquidos em matrizes de epóxi é estudada. A fim de melhorar a dosagem de drogas bem como sua localização, a síntese de poliésteres e a sua biodegradação são estudados *in vitro*. Compósitos de polímeros bio-absorvíveis, antibióticos e cerâmicas são preparadas e suas propriedades são estudadas e otimizadas. Alguns destes trabalhos são realizados em associação com hospitais locais a fim de possibilitar estudos de bio-compatibilidade. Termoplásticos e suas ligas são muito usados em aplicações estruturais. Preparação e processamento de poliésteres saturados e suas ligas são estudados para melhor a resistência ao impacto e para reduzir custos. Reciclagem de garrafas de bebidas são incluídas neste programa. Ligas de polipropileno e polietileno tem baixo custo e são

convenientes para embalagens de alimentos, tubulações de água e gases e outras muitas aplicações. A estrutura molecular, morfologia e propriedades destes produtos são estudadas a fim de entender-se o seu comportamento de deformação e fratura. As principais fontes de fundos para o INTEMA são a própria Universidade Nacional de Mar del Plata, o Conselho Nacional de Pesquisa Científica e Técnica (CONICET), o Conselho de Pesquisa Científica de Buenos Aires (CIC), a Agência Nacional de Promoção de Ciência e Tecnologia, o British Council, a Comunidade Européia, o Programa de Cooperação Internacional, a Organização dos Estados Americanos (OEA), a Acadêmica de Ciências do Terceiro Mundo (TWAS) e a Fundação Internacional de Ciências (IFS).

Dentre as competências e atribuições do INMETRO destacam-se:

- Gerenciar os sistemas brasileiros de credenciamento de Laboratórios de Calibração e de Ensaio e de organismos de certificação e de inspeção;
- Fomentar a utilização de técnicas de gestão da qualidade na indústria nacional;
- Coordenar a Rede Brasileira de Laboratórios de Calibração (RBC), a Rede Brasileira de Laboratórios de Ensaio (RBLE) e a Rede Nacional de Metrologia Legal (RNML);
- Fiscalizar e verificar os instrumentos de medir empregados na indústria, no comércio e em outras atividades relacionadas à proteção do cidadão e do meio ambiente;
- Coordenar a participação brasileira em organismos internacionais relacionados com os seus objetivos;
- Secretariar o Conmetro e seus comitês técnicos;
- Desenvolver atividades de pesquisa básica e aplicada em áreas críticas da metrologia;
- Realizar os trabalhos inerentes à metrologia legal;
- Difundir informações tecnológicas, notadamente sobre metrologia, normas, regulamentos técnicos e qualidade;
- Supervisionar a emissão de regulamentos técnicos no âmbito governamental;
- Promover e supervisionar o sistema de normalização técnica consensual;
- Prover o país de padrões metrológicos primários, estruturar e gerenciar o sistema de referências metrológicas brasileiras e assegurar rastreabilidade aos padrões metrológicos das redes brasileiras de laboratórios credenciados;
- Delegar competência supervisionada a outras instituições para atuarem como referência metrológica nacional em áreas críticas para as quais não detêm a competência técnica ou laboratorial;
- Conquistar o reconhecimento internacional do sistema de metrologia e do sistema brasileiro de credenciamento de laboratórios, de organismos de certificação e de organismos de inspeção.

Mais especificamente, compete à Divisão de Metrologia Térmica (DITER) manter e realizar as unidades do *Système International d'Unités* (SI), pertinentes à termo-física, disseminando-as aos diferentes segmentos demandantes de serviços metrológicos e assegurando à sociedade confiabilidade metrológica nos serviços básicos da qualidade e da infra-estrutura da competitividade. Desenvolvimento de atividades de P&D em metrologia e a participação em programas de comparação interlaboratorial, também constituem responsabilidades da Divisão. No domínio da Metrologia Térmica, a DITER é responsável pela guarda e manutenção dos padrões metrológicos nacionais, que são sistematicamente rastreados e intercomparados aos padrões internacionais do *Bureau International des Poids et Mesures* (BIPM/Sèvres) e a padrões de laboratórios metrológicos do INMETRO de outros países. Por dispor de células de pontos fixos intercomparadas com as de laboratórios nacionais de outros países com tradição em metrologia, a DITER promove a realização da Escala Internacional de Temperatura de 1990 (EIT-90) em consonância com critérios internacionais. Dentre os padrões disponíveis, podem ser relacionados os termômetros de resistência de platina de 25 W e 2,5 W, termopares de platina/platina-ródio, pirômetro fotoelétrico e lâmpadas de tungstênio de alta estabilidade. No domínio da metrologia mecânica a DIMEC é responsável pela guarda e manutenção dos padrões metrológicos nacionais, que são sistematicamente rastreados e intercomparados aos padrões internacionais do *Bureau International des Poids et Mesures* (BIPM/Sèvres) e a padrões de laboratório metrológico de outros países, dentre os quais destacam-se o *National Institute of Standards and Technology* (NIST/EUA) e o *Physikalisch-Technische Bundesanstalt* (PTB) Alemanha.

## **8. Infra-estrutura disponível para realização do projeto (máximo de 1 página)**

Descrever, em termos qualitativos e quantitativos, a infra-estrutura existente: material permanente, equipamentos, instalações disponíveis para o projeto, contrapartida de infra-estrutura das instituições estrangeiras.

O Setor de Termociências e Máquinas Térmicas do PEM/COPPE/UFRJ reúne em seus laboratórios recursos computacionais (hardware e software) para o desenvolvimento de atividades de pesquisa, ensino e extensão em Engenharia e Ciências Térmicas em geral, que podem em boa parte ser empregados na aplicação específica objeto do presente projeto. Alguns recursos específicos merecem destaque, tendo em vista sua importância inerente para as atividades propostas. O Laboratório de Transmissão e Tecnologia do Calor (LTTC) da COPPE/UFRJ conta com equipamentos padrão ASTM de identificação de propriedades termofísicas. Entre estes equipamentos destaca-se o *Netzsch LFA-447 Nanoflash*, baseado no método *flash* de identificação de difusividade térmica segundo a norma ASTM E1461. Segundo esta norma, o método *flash* também pode ser usado para a identificação de condutividade térmica e calor específico. O *Netzsch LFA-447 Nanoflash* do LTTC é o equipamento padrão secundário de identificação de difusividade térmica no Brasil. Este equipamento foi adquirido em projeto de cooperação com o INMETRO, que possui o equipamento padrão primário. Em início de 2003, foi projetado e montado no Laboratório de Máquinas Térmicas um Cluster Linux paralelo, hoje composto por 14 computadores Pentium IV 2.8Ghz Hyperthreading. Este hardware consiste de um sistema de computadores com sistema operacional Linux, conectados entre si em uma rede privativa de alta velocidade sem acesso externo. O único acesso se dá através de um dos computadores, o qual é acessado via internet por meio de uma conexão segura.

O Laboratório de Aerodinâmica do IME possui equipamentos para medições de condutividade térmica e de intensidade de radiação térmica. Também encontram-se no laboratório dois túneis de vento: um subsônico e outro supersônico, onde são empregadas diversas sondas para medição de velocidade usando-se anemometria de fio-quente. O laboratório conta ainda com termopares e sistemas de aquisição de dados, bem como uma balança para medição de forças aerodinâmicas. Computacionalmente, o laboratório possui cerca de 10 computadores para simulações numéricas conectados em rede, bem como impressoras, scanners, etc.

O Laboratório de Transferência de Calor e Massa e Dinâmica dos Fluidos é um dos mais bem equipados da Universidade Federal de Uberlândia, contando, entre outros, com os seguintes equipamentos: 14 microcomputadores, 4 impressoras, 3 fontes de alimentação, 2 banhos termostáticos, 1 sistema de aquisição de dados – hp, termômetros de mercúrio de alta precisão, calibrador de termopar, estufa, bombas de vácuo, laboratório de processamento de imagens, multímetros e termômetros digitais, sensores infravermelhos de temperatura, microvoltímetros, medidores de vazão, medidores de pressão, multímetro de precisão, nanovoltímetro e bancadas de perda de carga.

O *Departamento de Ing. Mecánica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Santiago de Chile* conta com o Laboratório de Medições Térmicas e Métodos Inversos. Este laboratório inclui instrumentos de medição de condutividade térmica, assim como a instrumentação de suporte às atividades de pesquisa, tal como: Ctmètre (sonda de fio quente), multímetro Agilent 34401A, gerador de ondas Agilent 33220A, fonte de potência Agilent E3611A, estufa de convecção natural Heraeus T60, sistemas de aquisição de dados National Instruments, etc.

O INMETRO é mantenedor de diversos padrões de medida, bem como de equipamentos primários de medida. Mais especificamente na linha deste projeto, temos um Microscópio Eletrônico de Varredura MEV, um calorímetro DSC par identificação de calor específico, um equipamento Flash para identificação de difusividade térmica e um Heat Flow Meter para identificação de condutividade térmica.

## 9. Informações complementares (máximo de 1 página)

Assinalar outros aspectos que sejam considerados relevantes para a avaliação do projeto que não estejam especificados nos itens anteriores.

- [1] Beck, J. V. And Arnold, K. J., *Parameter Estimation In Engineering And Science*, Wiley Interscience, New York, 1977.
- [2] Ozisik, M.N. And Orlande, H.R.B., *Inverse Heat Transfer: Fundamentals And Applications*, Taylor & Francis, New York, 2000.
- [3] Orlande, H. R. B.; Silva, D. Estimation Of Thermal Properties Of Ablating Materials In. International Symposium On Inverse Problems In Engineering Mechanics - 2001, 2001, Nagano , Elsevier, 2001, P. 49-58
- [4] Pereira, L. M.; Souza, R.; Orlande, H. R. B.; Cotta, R. M. A Comparison Of Concentration Measurement Techniques For The Estimation Of The Apparent Mass Diffusion Coefficient Brazilian Journal Of Chemical Engineering, , V. 18, N. 03, P. 253-265, 2001
- [5] Mejias, M. M.; Orlande, H. R. B.; Ozisik, M. N. Effects Of The Heating Process And Body Dimensions On The Estimation Of The Thermal Conductivity Components Of Orthotropic Solids Inverse Problems In Engineering, Em Impressão, 2003
- [6] Orlande, H. R. B.; Dantas, L. B.; Cotta, R. M. Estimation Of Dimensionless Parameters Of Luikov's System For Heat And Mass Transfer In Capillary Porous Media International Journal Of Thermal Sciences, , V. 41, P. 217-227, 2002
- [7] Mejias, M. M.; Orlande, H. R. B.; Ozisik, M. N. Design Of Optimum Experiments For The Estimation Of The Thermal Conductivity Components Of Orthotropic Solids Hybrid Methods In Engineering, New York, V. 1, N. 1, P. 37-53, 1999
- [8] Orlande, H. R. B.; Dantas, L. B.; Cotta, R. M. Effects Of Lateral Heat Losses On The Parameter Estimation Problem In Moist Capillary Porous Media In. International Symposium On Inverse Problems In Engineering Mechanics - 2001, 2001, Nagano , Elsevier, 2001, P. 13-22
- [9] Orlande, H. R. B.; Mejias, M. M.; Ozisik, M. N. On The Choice Of Boundary Conditions For The Estimation Of The Thermal Conductivity Components Of Orthotropic Solids In. 2000 Asme National Heat Transfer Conference, 2000, Pittsburg , , 2000
- [10] Orlande, H. R. B.; Dantas, L. B.; Cotta, R. M.; Lobo, P. D. C. Parameter Estimation In Moist Capillary Porous Media By Using Temperature Measurements In. International Symposium On Inverse Problems In Engineering Mechanics, 2000, Nagano Inverse Problems In Engineering Mechanics, Elsevier, 2000, V. 1, N. , P. 53-62
- [11] Orlande, H. R. B.; Silva, D.; Oliveira, A. P.; Souza, R. Sequential Estimation Of Thermal Conductivity And Volumetric Heat Capacity In. Viii Encontro Nacional De Ciências Térmicas, 2000, Porto Alegre Encit 2000, , 2000
- [12] Mejias, M. M.; Orlande, H. R. B.; Ozisik, M. N. A Comparison Of Different Parameter Estimation Techniques For The Identification Of Thermal Conductivity Components Of Orthotropic Solids In. 3rd International Conference On Inverse Problems In Engineering, 1999, Port Ludlow Inverse Problems In Engineering, Port Ludlow, Wa, Usa , 1999, P. 325-332
- [13] Souza, R.; Pimentel, L. C.; Orlande, H. R. B. Determinação Da Condutividade Térmica Utilizando O Método Da Sonda Linear In. Xv Congresso Brasileiro De Engenharia Mecânica - Cobem, 1999, Águas De Lindóia Anais Do Xv Congresso Brasileiro De Engenharia Mecânica, Águas De Lindóia, Sp , 1999
- [14] Lm, P.; Souza, R.; Orlande, H. R. B.; Cotta, R. M. Estimation Of The Apparent Mass Diffusion Coefficient By Using Inverse Analysis And Radiation Measurement Techniques In. 3rd International Conference On Inverse Problems In Engineering, 1999, Port Ludlow Inverse Problems In Engineering, Port Ludlow, Wa , 1999, P. 317-324
- [15] Oliveira, A. P.; Silva, D.; Souza, R.; Orlande, H. R. B. Estimation Of Thermal Conductivity And Volumetric Heat Capacity In Transient Experiments In. Xv Congresso Brasileiro De Engenharia Mecânica - Cobem, 1999, Águas De Lindóia Anais Do Xv Congresso Brasileiro De Engenharia Mecânica, Águas De Lindóia, Sp , 1999
- [16] Bellini, R.; Mejias, M. M.; Orlande, H. R. B. Estimation Of Thermal Conductivity Components Of Orthotropic Plates In. International Conference On Mathematics And Computers In Mechanical Engineering, 1999, Marathon, Florida , Marathon, Flórida, Usa , 1999
- [17] Dantas, L. B.; Orlande, H. R. B.; Cotta, R. M.; Souza, R.; Lobo, P. D. C. Inverse Analysis In Moist Capillary Porous Media In. Xv Congresso Brasileiro De Engenharia Mecânica - Cobem, 1999, Águas De Lindóia , Águas De Lindóia, Sp , 1999
- [18] Orlande, H. R. B.; Dantas, L. B.; Cotta, R. M.; Souza, R.; Lobo, P. D. C. Inverse Problem Of Parameter Estimation In Luikov's Equations By Using Either Temperature Or Moisture Content Measurements In. Xxvii Congresso Brasileiro De Sistemas Particulados, 1999, Campos Do Jordão Em Impressão, , 1999
- [19] Pereira, L. M.; Souza, R.; Orlande, H. R. B.; Cotta, R. M. Problema Inverso Para Estimativa Do Coeficiente Aparente De Difusão De Massa In. Xxvi Congresso Brasileiro De Sistemas Particulados - Enemp, 1998, Teresópolis Xxvi Congresso Brasileiro De Sistemas Particulados, Teresópolis , 1998, V. 1, N. , P. 113-120
- [20] Souza, R.; Pereira, L. M.; Orlande, H. R. B.; Cotta, R. M. Analysis Of Radioactive Waste Contamination In Soils Part Iii: Estimation Of Apparent Diffusion Coefficient In. Conferência Internacional Sobre O Acidente Radiológico Com Cs-137 (Cd-Rom), 1997, , Goiânia , 1997
- [21] Macedo, E. N.; Orlande, H. R. B. Inverse Problem For Estimating The Latent Heat Of Solidification In. Xiii Congresso Brasileiro De Ciencias Mecanicas (Cd-Rom), 1995, , Belo Horizonte, Mg , 1995
- [22] Orlande, H. R. B.; Ozisik, M. N. Simultaneous Estimation Of Thermal Diffusivity And Relaxation Time With A Hyperbolic Heat Conduction Model In. 10th International Heat Transfer Conference, 1994, , Brighton, UK , 1994, V. 6, N. , P. 403-408
- [23] Orlande, H. R. B.; Tzou, D. Y. O. M. N. Inverse Problem For Estimating The Electron-Phonon Coupling Factor Journal Of Applied Physics, , V. 78, N. 3, P. 1843-1849, 1995
- [24] Dantas, L. B.; Orlande, H. R. B. A Function Estimation Approach For Determining Temperature Dependent Thermophysical Properties Inverse Problems In Engineering, , V. 3, P. 261-279, 1996
- [25] Orlande, H. R. B.; Ozisik, M. N. Inverse Heat Conduction Problem For Estimating The Temperature Dependence Of Thermal Conductivity Revista Brasileira De Ciencias Mecanicas, , V. Xvi, N. 4, P. 400-406, 1994
- [26] Dantas, L. B.; Orlande, H. R. B. A Function Estimation Approach For The Determination Of The Temperature Dependence Of Volumetric Heat Capacity In. Xiii Congresso Brasileiro De Engenharia Mecanica (Cd-Rom), 1995, , Belo Horizonte, Mg , 1995
- [27] F. A. Rodrigues, H. R. B. Orlande And M. M. Mejias, Use Of A Single Heated Surface For The Estimation Of Thermal Conductivity Components Of Orthotropic 3d Solids, 4<sup>th</sup> International Conference On Inverse Problems In Engineering, Rio De Janeiro, Brazil, 2002.
- [28] F. Salas, A. Oliveira, D. Silva, H. Orlande, Experimental Identification Of Thermal Conductivity And Volumetric Heat Capacity, Paper Cit02-0117, IX Encit, 2002.

- [29] F. A. Rodrigues, H. R. B. Orlande And G. S. Dulikravich, Simultaneous Estimation Of Spatially-Dependent Diffusion Coefficient And Source Term In A Nonlinear Diffusion Problem, *Math And Computers In Simulation* (em impressão).
- [30] Dantas, L. B.; Orlande, H. R. B.; Cotta, R. M. An Inverse Problem Of Parameter Estimation For Heat And Mass Transfer In Capillary Porous Media, *Int.J. Heat Mass Transfer., Vol. 46, Pp. 1587-1598, 2003*.
- [31] N. H. Thomson, H. R. B. Orlande, Development Of Line Heat Source Probe, Paper COB03-1215, Cobem 2003, São Paulo.
- [32] F. P. J. De Barros, P. H. Moreira, R. M. Cotta and H. R. B. Orlande, Inverse Analysis in Mass Diffusion with Electrical Conductivity Measurements, Paper COB03-1871, Cobem 2003, São Paulo.
- [33] U. C. Nascimento, P. H. Moreira, H. R. B. Orlande and R. M. Cotta, Transport Of Contaminants In Porous Media Columns: Direct And Inverse Analysis, Paper CIT04-0131, ENCIT 2004, Rio de Janeiro.
- [34] C. A. A. Mota, M. D. Mikhailov, H. R. B. Orlande and R. M. Cotta, Identification of the Heat Flux Imposed by an Oxy-Acetylene Torch, 10<sup>th</sup> AIAA-MSO Conference, Albany, August, 2004.
- [35] Paulo Couto, Helcio R. B. Orlande, Renato M. Cotta, Sérgio P. Oliveira, Jorge A. Cruz, Paulo R. F. Santos, Cláudio S. Pinto Costa and Henrique Massard, Flash Method Standardization In Brazil For The Measurement Of Thermophysical Properties In Solid Materials, METROLOGIA-2003, Setembro 01–05, 2003, Recife, Pernambuco.
- [36] Henrique Massard, Cláudio S. C. Pinto, Paulo Couto, Helcio R. B. Orlande and Renato M. Cotta, Analysis Of Flash Method Physical Models For The Measurement Of Thermal Diffusivity Of Diffusion Coefficients And Source Terms, Paper IMECE2003-42058, 2003 ASME International Mechanical Engineering Congress & Exposition, Washington, D.C., November 16-21, 2003
- [37] F.A. Rodrigues, H.R.B. Orlande, G.S. Dulikravich, Simultaneous estimation of spatially dependent diffusion coefficient and source term in a nonlinear 1D diffusion problem, *Mathematics and Computers in Simulation* 66 (2004) 409–424
- [38] M. J. Colaço, F.A. Rodrigues, H.R.B. Orlande, G.S. Dulikravich, A Comparison Of Two Solution Techniques For The Inverse Problem Of Simultaneously Estimating The Spatial Variations Of Diffusion Coefficients And Source Terms, Paper IMECE2003-42058, 2003 ASME International Mechanical Engineering Congress & Exposition, Washington, D.C., November 16-21, 2003
- [39] B. Ladevie, J.C. Batsale, O. Fudym, *A new simple device to estimate thermophysical properties of insulating materials*. Int. Com. on Heat and Mass Transfer, 27 (4) 473-484, 2000.
- [40] Rigacci, B. Ladevie, H. Sallée, B. Chevalier, P. Achard, O. Fudym, *Measurements of comparative apparent thermal conductivity of large monolithic silica aerogels for transparent superinsulation application*. High Temperatures - High Pressure, 34 (5) 549 - 559, 2002.
- [41] B. Ladevie, O. Fudym, J.C. Batsale, *A new simple device to estimate thermophysical properties of liquids in Couette flow*. Int. J. of Heat and Technology, 20 (1) 37-44, 2002.
- [42] E. Coment, O. Fudym, B. Ladevie, J.C. Batsale, R. Santander, *Extension of the hot wire method to the characterisation of stratified soils with multiple temperature analysis*. (sous presse) Accepted in J. Inverse Problems in Engineering, 2004.
- [43] O. Fudym, B. Ladevie, J.C. Batsale, *A semi-numerical approach for heat conduction in heterogeneous media. One extension of the analytical Quadrupole method*. Numerical Heat Transfer, Part B : Fundamentals, 42 (4) 325-348 2002.
- [44] O. Fudym, J.C. Batsale, D. Lecomte, *Heat diffusion at the boundary of stratified media. Homogenized temperature field and thermal constriction*. Int. J. Heat Mass Transfer 47 (10-11) 2437-2447, 2004.
- [45] J. R. Vega, G. L. Frontini, L. M. Gugliotta and G. E. Eliçabe, "Particle Size Distribution by Combined Elastic Light Scattering and Turbidity Measurements. A Novel Method to Estimate the Required Normalization Factor." *Particle & Particle Systems Characterization*, 20, 6, 361-369, 2003. (ISSN: 0934-0866)
- [46] Gloria L. Frontini and Elena M. Fernández Berdager, "Inversion of Elastic Light Scattering measurements to determine Refractive Index and Particle Size Distribution of Polymeric Emulsions.", *Journal of Inverse Problems in Engineering*, Vol 11, No. 4, 329-340, 2003. (ISSN: 1068-2767).
- [47] G. Frontini and G. Eliçabe, "Combination of Indirect Measurements to Improve Signal Estimation", *Latin American Applied Research*, 30, 99-105, 2000 (ISSN : 0327-0793).
- [48] M. L. Arias, G. L. Frontini. "Influencia de los errores del índice de refracción de suspensiones poliméricas para la determinación de su distribución de". *Anales del I Simposio Binacional de Polímeros Argentino – Chileno*, pp.243-244. Diciembre/2001.
- [49] G.L. Frontini, "Some results on the solution of integral equations nonlinear on a parameter with applications in polymer latex". *Applied Inverse Problems. Theoretical and Computational Aspects – Montecatini Terme, Italia* 18-22 junio, 2001.
- [50] G. Frontini and G. Eliçabe, "A Novel Methodology to Estimate the Particle Size Distribution of Latex Using Relative Measurements of Elastic Light Scattering and Turbidimetry". *Journal of Chemometrics*, 14, 51-61, 2000. (ISSN : 0866-9383)
- [51] G. L. Frontini and J. Chaubell, "Inversion of Turbidity Measurements of Polymer Latex Using Wavelet Functions". *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*, 47 (1999) 89-97. (ISSN : 0169-7439)
- [52] G. L. Frontini and G. E. Eliçabe, "Determination of the Particle Size Distribution of Latex using a Combination of Relative Measurements of Elastic Light Scattering and Turbidimetry". *VI Simposio Latino Americano de Polímeros. IV Congreso Iberoamericano de Polímeros, Viña del Mar, Chile, 25-28 de octubre de 1998*
- [53] G. L. Frontini and J. Chaubell, "Solution of an Inverse Problem in Polymer Characterization by Wavelet Expansion" *II Italian Latinamerican Conference on Applied and Industrial Mathematics, ITLA'97*, pp 115. Roma, 27-31 enero 1997
- [54] G. Frontini, J. Chaubell and G. Eliçabe, "Determination of the Relaxation Spectrum of Viscoelastic Materials by Spline Regularization". *J. of Mathematical Modelling and Scientific Computing*, Vol. 6, 1996.
- [55] G. Eliçabe and G. Frontini. "Determination of the Particle Size Distribution of Latex Using a Combination of Elastic Light Scattering and Turbidimetry. A Simulation Study". *J. of Colloid and Interface Science*, pp.669-672, Vol. 181, 1996. (ISSN: 0021-9797).
- [56] G. Frontini, J. Chaubell and G. Eliçabe, "Deconvolution of relaxation spectrum of viscoelastic fluid by spline functions". *Latin American Applied Research*, 25-S, 17-22, 1995. (ISSN : 0327-0793).
- [57] Manuel E. Cruz e Anthony T. Patera, "A Parallel Monte-Carlo Finite-Element Procedure for the Analysis of Multicomponent Random Media," *International Journal for Numerical Methods in Engineering*, vol. 38, pp. 1087-1121, 1995.
- [58] Manuel E. Cruz, Chahid K. Ghaddar e Anthony T. Patera, "A variational-bound nip-element method for geometrically stiff problems; application to thermal composites and porous media," *Proceedings of the Royal Society of London A*, vol. 449, pp. 93-122, 1995.
- [59] Carlos F. Matt e Manuel E. Cruz, "Application of a multiscale finite-element approach to calculate the effective conductivity of particulate media," *Computational and Applied Mathematics*, vol. 21, pp. 429-460, 2002.

## 10. Currículo dos integrantes da equipe estrangeira

Preencher o modelo de currículo abaixo para cada pesquisador da equipe estrangeira que não possua currículo Lattes. Copiar e colar seqüencialmente o modelo quantas vezes forem necessárias.

CURRICULUM VITAE DE PESQUISADOR ESTRANGEIRO				
<b>1. Actuación Profesional/Local de Trabajo</b>				
nombre Gloria L. Frontini			e-mail gfrontin@fi.mdp.edu.ar	
entidad Instituto de Investigaciones en Ciencia y Tecnología de Materiales Universidad Nacional de Mar del Plata			cargo/función Investigadora/Profesora	
división/unidad División Polímeros/ Departamento de Matemática			inicio(mês/ano) 8/1990	
dirección profesional J.B. Justo 4302			casilla de correo	
ciudad Mar del Plata	Pcia. Buenos Aires	País Argentina	C.P. B7608FDQ	
telefono 54-223   4816600	interno 228	fax 		
<b>2. Titulación/Formación Académica</b>				
grado Ingeniera	curso Eléctrica		período 1975-1981	
	entidad/institución Facultad de Ingeniería/Univ. Nacional de Mar del Plata	ciudad Mar del Plata	país Argentina	Pcia.
grado	curso		período	
	entidad/institución	ciudad	país	Pcia.
grado	curso		período	
	entidad/institución	ciudad	país	Pcia.
grado	curso		período	
	entidad/institución	ciudad	país	Pcia.
grado	curso		período	
	entidad/institución	ciudad	país	Pcia.
<b>3. Área de Actuación</b>				
segmento/actividad			para el uso del CNPq	
Problemas Inversos				
Procesamiento de Datos y Señales				
Caracterización de Materiales				
<b>4. Actividad actual</b>				
dirección y administración		Directora del grupo de Investigación - <i>Matemática Aplicada a Ingeniería</i>		

investigación y desarrollo	Investigadora del INTEMA-CONICET, división Polímeros Docencia Posgrado: Matemática Aplicada a las Mediciones Indirectas		
trabajo técnico/especialización (otras) docencia grado	Profesora. Cátedras: Señales y Sistemas. Probabilidad y Procesos Estocásticos.		
<b>5. Experiencia profesional</b>			
<b>5.1. actividades</b>	período		
Investigadora Asistente del CONICET en el INTEMA de Mar del Plata	1992-1998		
Investigadora Visitante. Chemical Modeling and Control Research Center. Lehigh University, Pennsylvania, USA	1991-1992		
Profesora Adjunta, dedicación simple, Departamento de Electrónica de la Fac. de Ingeniería UNMdP	1990-1992		
Asistente de Investigación. Departamento de Ingeniería Química. University of South Florida. Tampa, Florida, USA.	1987-1989		
Becaria de Investigación (CONICET), INTEC (Instituto de Desarrollo Tecnológico para la Industria Química) Santa Fe, Argentina.	1981-1986		
<b>6. Producción Científica, Tecnológica y Artística Complementar</b>			
	cantidad		cantidad
1. artículos científicos en periódicos especializados nacionales	1	6. comunicación en congresos, seminarios, palestras, etc.	36
2. artículos científicos en periódicos especializados extranjeros	15	7. participación en exposiciones, presentaciones, etc.	
3. artículos de divulgación científica		8. filmes, vídeos, audiovisuales realizados	
4. tesis defendidas		9. patentes obtenidas	
5. tesis dirigidas	1	10. libros publicados	
<b>7. Principales publicaciones:</b> Listar las principales publicaciones realizadas, incluyendo sobretodo, las más importantes para el proyecto en cuestión.			

- J. R. Vega, G. L. Frontini, L. M. Gugliotta and G. E. Eliçabe, "Particle Size Distribution by Combined Elastic Light Scattering and Turbidity Measurements. A Novel Method to Estimate the Required Normalization Factor." **Particle & Particle Systems Characterization**, 20, 6, 361-369, 2003. (ISSN: 0934-0866)
- Gloria L. Frontini and Elena M. Fernández Berdaguer, "Inversion of Elastic Light Scattering measurements to determine Refractive Index and Particle Size Distribution of Polymeric Emulsions. " **Journal of Inverse Problems in Engineering**, Vol 11, No. 4, 329-340, 2003. (ISSN: 1068-2767).
- G. Frontini and G. Eliçabe, "Combination of Indirect Measurements to Improve Signal Estimation". **Latin American Applied Research**.30, 99-105, 2000 (ISSN : 0327-0793).
- M. L. Arias, G. L. Frontini. "Influencia de los errores del índice de refracción de suspensiones poliméricas para la determinación de su distribución de". **Anales del I Simposio Binacional de Polímeros** Argentino – Chileno, pp.243-244. Diciembre/2001.
- G.L. Frontini, "Some results on the solution of integral equations nonlinear on a parameter with applications in polymer latex". **Applied Inverse Problems. Theoretical and Computational Aspects – Montecatini Terme**, Italia 18-22 junio, 2001.
- G. Frontini and G. Eliçabe, "A Novel Methodology to Estimate the Particle Size Distribution of Latex Using Relative Measurements of Elastic Light Scattering and Turbidimetry". **Journal of Chemometrics** , 14, 51-61, 2000. (ISSN : 0866-9383)
- G. L. Frontini and J. Chaubell, "Inversion of Turbidity Measurements of Polymer Latex Using Wavelet Functions". **Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems**, 47 (1999) 89-97. (ISSN : 0169-7439)
- G. L. Frontini and G. E. Eliçabe, "Determination of the Particle Size Distribution of Latex using a Combination of Relative Measurements of Elastic Light Scattering and Turbidimetry". **VI Simposio Latino Americano de Polímeros. IV Congreso Iberoamericano de Polímeros**, Viña del Mar, Chile, 25-28 de octubre de 1998
- G. L. Frontini and J. Chaubell, "Solution of an Inverse Problem in Polymer Characterization by Wavelet Expansion" **II Italian Latinamerican Conference on Applied and Industrial Mathematics**, ITLA'97, pp 115. Roma, 27-31 enero 1997
- G.Frontini, J. Chaubell and G. Eliçabe,"Determination of the Relaxation Spectrum of Viscoelastic Materials by Spline Regularization". **J. of Mathematical Modelling and Scientific Computing**, Vol. 6, 1996.
- G. Eliçabe and G. Frontini. "Determination of the Particle Size Distribution of Latex Using a Combination of Elastic Light Scattering and Turbidimetry. A Simulation Study". **J. of Colloid and Interface Science**, pp.669-672, Vol. 181, 1996. (ISSN: 0021-9797).
- G. Frontini, J. Chaubell and G. Eliçabe, "Deconvolution of relaxation spectrum of viscoelastic fluid by spline functions". **Latin American Applied Research**, 25-S, 17-22,1995.(ISSN : 0327-0793).

**8. Idiomas**

marcar la columna apropiada: P – poco R – razoablemente B - bien

Idioma	habla			lee			escribe		
	P	R	B	P	R	B	P	R	B
Español	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Inglés	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Portugués	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**8. Firma**

/ /		
local	fecha	Firma

# CURRICULUM VITAE

Nom: Fudym  
Prénom: Olivier  
Date et lieu de naissance: 8 décembre 1958 à Paris 14  
Situation familiale: Marié, 2 enfants  
Nationalité: Française  
Adresse personnelle: Espoz, 5844, Vitacura, Santiago de Chile  
Téléphone : 56 (0) 2 218 67 00  
Adresse professionnelle: Universidad de Santiago de Chile  
Departamento de Ingeniería Mecánica  
Av. Lib. Bdo. O'Higgins 3363, Casilla 10233  
Santiago de Chile. Chile  
Téléphone : 56 2 218 67 00  
ofudym@lauca.usach.cl  
Fonction actuelle : Chercheur associé, en détachement administratif à l'Université de Santiago de Chile (Usach), depuis le 01/03/00. Responsable du Laboratoire «Mediciones térmicas y técnicas inversas »

## Diplômes et qualifications

- Qualification aux fonctions de Maître de Conférences (section 62: Energétique et Génie des Procédés).
- Docteur de l'Université Paul Sabatier (Toulouse III), LESETH, soutenue le 9/12/1994, Mention très honorable avec félicitations du jury.
- DEA "Systèmes Energétiques : du matériau au procédé", LESETH, UPS Toulouse III, effectué en Formation Continue (1990), Mention Bien.
- Ingénieur Mécanicien-Electricien, Ecole Spéciale des Travaux Publics (1983).

## Expérience professionnelle

- Université de Santiago du Chili 4 ans depuis 2000
  - Responsable d'un projet de recherche « FONDECYT »
  - Montage d'un Laboratoire « Mediciones Térmicas y Técnicas Inversas »
  - Animation de la collaboration France / Chili
- Ecole des Mines d'Albi 6 ans 93-99
  - Mise en place de l'option "Energétique" / Resp. Département « Energétique et Transferts »
  - Enseignements : Transferts de matière et chaleur, métrologie, méthodes numériques
  - Montage de Travaux Pratiques « Energétique et Transferts »
  - Montage du Laboratoire de métrologie thermique
- Université Paul Sabatier, LESETH 3 ans 90-94
  - Thèse en Energétique au Laboratoire d'Etude des Systèmes et de l'Environnement Thermique de l'Homme : « Modèle physique de fonctionnement d'une boucle fluide diphasique à pompage thermocapillaire, étude de prototype et analyse de couplage »
- Fournié-Grospaud 4 ans 86-90
  - Création et direction d'un Centre opérationnel
  - Ingénieur d'Affaires : Electrification rurale, Eclairage Public, Aménagement urbain
- Coopérant technique en Equateur 2 ans 84-85
  - Chargé d'Etudes au Centre Andin de Technologie Rurale (CATER)
  - Analyse des besoins et ressources en équipements énergétiques
  - Mise en oeuvre de projets en Energies Renouvelables : pompage, séchage, éoliennes
- Leroy Somer (Stage Microcentrales Hydrauliques) 3 mois 1983

## Relations internationales

- Montage d'un programme de collaboration régionale France / Cône Sud sur le Contrôle Non Destructif en thermique, avec l'appui de la Délégation de Coopération Régionale de l'Ambassade de France au Chili
- Animation d'un programme de collaboration scientifique France / Chili, avec le Service Culturel et de Coopération Scientifique et Technique de l'Ambassade de France au Chili
- Responsable d'un projet FONDECYT d'incitation à la coopération internationale
- Argentine et Chili (1999) : mission exploratoire de prise de contacts et initiation d'un programme de recherche sur la caractérisation thermophysique de sols naturels in situ
- Suède (1999) : contacts dans le cadre du programme Socrates avec l'Université de Karlstad

#### **Responsabilités administratives à l'Ecole des Mines d'Albi**

- Responsable de Département, en charge des enseignements d'Energétique
- Membre du Comité de l'enseignement de l'établissement
- Membre du Comité des Etudes (de 1993 à 1997)
- Responsable opérationnel du suivi de l'option "Energétique" (1993)
- Mise en place du site WEB du Centre Energétique-Environnement
- Achats d'équipements (Définition, Cahier des charges, Montage) : méthode flash, Hot Disk, Matériel d'Etalonnage, Outils d'acquisition et de traitement de données, Contrôle d'ambiance, Four, Outils de préparation, Boucle de séchage...

## **PRODUCTION SCIENTIFIQUE**

#### **Revues internationales à comité de lecture (13 + 2 soumises)**

- J13. C. Carrère-Gée, D. Lecomte, O. Fudym, P. Arlabosse, J. Vasseur  
*Method for the design of a contact dryer - Application to sludge treatment in thin-film boiling.* Drying Technology **22** (9) 1-22, 2004.
- J12. O. Fudym, J.C. Batsale, R. Santander, V. Bubnovich  
*Analytical Solution of Coupled Diffusion Equations in Semi-infinite Media.* J.Heat Transfer **126** (3) 471-475 , 2004.
- J11. E. Coment, O. Fudym, B. Ladevie, J.C. Batsale, R. Santander  
*Extension of the hot wire method to the characterisation of stratified soils with multiple temperature analysis.* (sous presse) Accepted in J. Inverse Problems in Engineering, 2004.
- J10. J.C. Batsale, J.L. Battaglia, O. Fudym  
*Autoregressive algorithms and spatially random flash excitation for 3D non destructive evaluation with infrared cameras.* QIRT Journal **1** 5-20, 2004.
- J9. O. Fudym, J.C. Batsale, D. Lecomte  
*Heat diffusion at the boundary of stratified media. Homogenized temperature field and thermal constriction.* Int. J. Heat Mass Transfer **47** (10-11) 2437-2447, 2004.
- J8. O. Fudym, C. Carrère-Gée, D. Lecomte, B. Ladevie  
*Drying kinetics and heat flux in thin layer conductive drying.* Int. Com. on Heat and Mass Transfer, **30** (3) 335-349, 2003.
- J7. M. Antilén, M. Escudey, J.E. Förster, N. Moraga, D. Marty, O. Fudym  
*Application of the Hot Disk method to the thermophysical characterization of soils.* J. Chil. Chem. Soc., **48** (3) 27-29, 2003.
- J6. O. Fudym, B. Ladevie, J.C. Batsale  
*A semi-numerical approach for heat conduction in heterogeneous media. One extension of*

- the analytical Quadrupole method*. Numerical Heat Transfer, Part B : Fundamentals, **42** (4) 325-348 2002.
- J5. Rigacci, B. Ladevie, H. Sallée, B. Chevalier, P. Achard, O. Fudym  
*Measurements of comparative apparent thermal conductivity of large monolithic silica aerogels for transparent superinsulation application*. High Temperatures - High Pressure, **34** (5) 549 - 559, 2002.
- J4. B. Ladevie, O. Fudym, J.C. Batsale  
*A new simple device to estimate thermophysical properties of liquids in Couette flow*. Int. J. of Heat and Technology, **20** (1) 37-44, 2002.
- J3. B. Ladevie, J.C. Batsale, O. Fudym  
*A new simple device to estimate thermophysical properties of insulating materials*. Int. Com. on Heat and Mass Transfer, **27** (4) 473-484, 2000.

#### **Publications relatives aux travaux de thèse**

- J2. V. Platel, O. Fudym, C. Butto, P. Briend  
*Coefficient de transfert à l'interface d'une boucle fluide diphasique à pompage thermocapillaire*. Revue Générale de Thermique, tome **35** 592-598, 1996.
- J1. V. Platel, O. Fudym, C. Butto, M. Laurens  
*Boucle fluide diphasique à pompage thermocapillaire : Etude expérimentale du fonctionnement et évaluation des performances*. Revue Générale de Thermique, tome **34** 315-324, 1995.

#### **Publications soumises**

- JS2. O. Fudym, J.L. Battaglia, J.C. Batsale  
*Measurement of thermophysical properties in semiinfinite media from random heating and fractional model identification*. Submitted to Rev. Sci. Instrum., june 2004.
- JS1. M. Antilén, S. Del Confetto, E. Rodier, O. Fudym, A. M. Venecia, G. D., J.E. Förster, M. Escudey  
*Characterization of porous structure of Chilean volcanic soils by nitrogen adsorption and mercury porosimetry. Importance of particle size in the porous structure of Chilean volcanic soils*. Submitted to Com. Soil Science and Plant Analysis, may 2003.

#### **Thèse de doctorat**

- O. Fudym  
*Modèle physique de fonctionnement d'une boucle fluide diphasique à pompage thermocapillaire, étude de prototype et analyse de couplage*. Thèse UPS Toulouse III, LESETH, 9 décembre 1994.

#### **Communications avec publication des Actes et Comité de lecture (35)**

##### **Communications 2004**

- C35. O. Fudym, J.C. Batsale, J.L. Battaglia, R. Santander  
*Thermophysical properties mapping in semi-infinite longitudinally cracked plates by temperature image processing*. Inverse Problems, Design and Optimization Symposium, IPDO 2004, Rio de Janeiro, Brazil, March 17-19, 2004.
- C34. J.C. Batsale, J.L. Battaglia, O. Fudym  
*Autoregressive algorithms and spatially random flash excitation for 3D non destructive evaluation with infrared cameras*. QIRT 2004, 7<sup>th</sup> Int. Conf. on Quantitative Infrared Thermography, Rhode-St-Genèse, Belgium, July 5-8, 2004.

##### **Communications 2003**

- C33. M.Filali, B. Ladevie, A.DeRyck, O. Fudym  
*Extension of the hot wire method for thermal conductivity depth profile retrieval. Application to mechanical stress analysis in particulate systems*. Particulate Systems Analysis, PSA 2003, Harrogate, UK, 10-12 september 2003.

- C32. M.Filali, B.Ladevie, A.Deryck, O.Fudym  
*Mesure de la conductivité thermique dans un milieu granulaire soumis à des contraintes mécaniques*. Congrès de la Société Française de Thermique, SFT 2003, Grenoble, France, 3-6 juin 2003.
- C31. O. Fudym, J.C. Batsale, R. Santander  
*Extension of the quadrupole approach for heat conduction in heterogeneous media. Application to cylindrical problems*. 3<sup>rd</sup> Int. Conf. Computational Heat and Mass Transfer, Banff, Canada, May 26–30, 2003.

#### **Communications 2002**

- C30. O. Fudym, J.C. Batsale, R. Santander  
*Extension of the quadrupole approach for heat conduction in heterogeneous media*. 9<sup>th</sup> Latin American Congress in Heat and Mass Transfer (LATCYM), San Juan, Puerto Rico October 20-22, 2002.
- C29. O. Fudym, J.C. Batsale, B. Ladevie, R. Santander  
*Extension de la méthode des quadripôles pour la mise en oeuvre de solutions semi-analytiques du transfert de chaleur dans les milieux hétérogènes*. Congrès français de Thermique, SFT 2002, Vittel, France, 3-6 juin 2002.
- C28. E. Coment, O. Fudym, J.C. Batsale, B. Ladevie, R. Santander  
*Extension of the hot wire method to the characterisation of stratified soils with multiple temperature analysis*. 4<sup>th</sup> Int. Conf Inverse Problems in Engineering : Theory and Practice, icipe 2002, Angra dos Reis, Brazil, May 26-31, (2) 203-209, 2002.

#### **Communications 2001**

- C27. Olivier Fudym, Bruno Ladevie, Jean-Christophe Batsale, Roberto Santander  
*Insulating materials thermal conductivity measurement : the hot rubber method*. 2<sup>do</sup> Congreso Latino americano de Metrología METROCAL 2001, Concepción, April 25-27 2001.

#### **Communications 2000**

- C26. C. Carrère-Gée, D. Lecomte, O. Fudym, P. Arlabosse, B. Ladevie and J. Vasseur  
*Indirect drying of thin film alumina sludge by boiling - Application on drum drying*. Symposium on Energy Engineering in the 21<sup>st</sup> Century (SEE 2000), Hong Kong, 9-13 January 2000.
- C25. E. Coment, J.C. Batsale, B. Ladevie, O. Fudym, M. Caillibotte  
*Méthodologie d'estimation de cartographie de coefficients d'échange thermique sous un casque de cycliste*. Congrès Français de Thermique, SFT 2000, Lyon, 15-17 mai 2000
- C24. M. Antilén, S. Del Confetto, E. Rodier, O. Fudym, A.M. Venezia, G. Deganello, J.E. Forster, M. Escudey  
*Importance of particle size and soil mineralogy on porosity and specific surface area of chilean volcanic soils*. PACIFICHEM 2000, Hawaii, dic 2000.
- C23. V. Bubnovich, C. Rosas, O. Fudym, S. Zhdanok  
*Una solución analítica de la propagación del frente de combustión por filtración de gas en medio poroso inerte*. XIV Congreso Chileno de Ingeniería Química, Santiago de Chile, 23-26 oct. 2000.
- C21. V. Bubnovich, C. Rosas, S. Salvador, O. Fudym  
*Modelación computacional de ondas térmicas superadiabáticas en medios porosos inertes*. 9<sup>o</sup> Congreso Chileno de Ingeniería Mecánica, Valparaíso, Chile, 10-13 oct. 2000.
- C20. B. Ladevie, O. Fudym, J.C. Batsale, R. Santander, V. Bubnovich  
*A hot film method for insulating materials thermal conductivity measurement*. XIV Congreso Chileno de Ingeniería Química, Santiago de Chile, 23-26 oct. 2000.

- C19. O. Fudym, C. Carrère-Gée, D. Lecomte, R. Santander, V. Bubnovich  
*Inverse heat conduction problem – Application to heat flux estimation in thin-layer drying.*  
9<sup>o</sup> Congreso Chileno de Ingeniería Mecánica, Valparaiso, Chile, 10-13 oct. 2000.

#### **Communications 1999**

- C18. B. Ladevie, J.C. Batsale, O. Fudym  
*Some methods to estimate the thermal conductivity of insulating media - Application to the characterization of fluids in laminar Couette flow.* 3<sup>rd</sup> Int. Conf. on « Inverse Problems in engineering : theory and practice », Port Ludlow, Washington, USA, June 13-18, 1999.
- C17. O. Fudym, C. Carrère-Gée, D. Lecomte, B. Ladevie  
*Heat flux estimation in thin-layer drying.* 3<sup>rd</sup> Int. Conf. on « Inverse Problems in engineering : theory and practice », Port Ludlow, Washington, USA, June 13-18, 1999.
- C16. B. Ladevie, J.C. Batsale, O. Fudym  
*Extension des sondes à chocs à la caractérisation de multicouches - mise au point d'un dispositif simple de caractérisation d'isolants ou de fluide cisailé.* Congrès SFT 99, Société Française des Thermiciens, Arcachon, 17-19 mai 1999.
- C15. B. Ladevie, A. Rigacci, O. Fudym, P. Achard, P. Ilbizian  
*Caractérisation thermique d'aérogels monolithiques de silice en régime transitoire par les méthodes ruban chaud et Flash.* Congrès SFT 99, Société Française des Thermiciens, Arcachon, 17-19 mai 1999.
- C14. A. Napoli, D. Lecomte, O. Fudym, S. Salvador  
*Heat and mass transfer in solid waste pyrolysis : modelling and experiment,* 2<sup>nd</sup> European Congress of Chemical Engineering. Montpellier, 5-7 octobre 1999.
- C13. M. Antilén, M. Escudey, N. Moraga, O. Fudym  
*Medición de conductividad térmica en suelos derivados de materiales volcánicos.* 14 congreso Latino americano de la Ciencia del Suelo, Pucón, Chile, nov 1999.

#### **Communications 1998**

- C12. C. Carrère-Gée, D. Lecomte, O. Fudym, B. Ladevie, J. Vasseur  
*Determination of heat flux in thin-layer drying of sludges.* Proceedings of the 11<sup>th</sup> International Drying Symposium (IDS'98), Halkidiki, Greece, August 19-22, 1998, vol. A, pp. 695-702.
- C11. A. Napoli, O. Fudym, D. Lecomte  
*Pyrolyse des pneumatiques usagés : métrologie et modélisation.* Congrès SFT 98, Société Française des Thermiciens, Marseille, 5-7 mai 1998.

#### **Previous communications**

- C10. FUDYM O., CARRERE-GEE C., LAHELLEC A., DUFRESNE J.L., LECOMTE D.  
*The TEF Approach : Application to parameter estimation in drying,* 2<sup>nd</sup> Int Conf on Inverse Problems in Engineering : Theory and Practice, Port aux Rocs, Le Croisic, France, June 9-14, 1996.
- C9. D. LECOMTE, O. FUDYM, C. CARRERE-GEE  
*Parameter estimation in convective drying of cocoa beans.* IDS'96 : 10<sup>th</sup> International Drying Symposium, Cracow, Poland, July 30 - August 2, 1996.
- C8. FUDYM O., BUTTO C., GRANDPEIX J.Y., PLATEL V  
*Modèle de boucle fluide diphasique à pompage thermocapillaire : étude des dysfonctionnements.* Congrès SFT 95, Société Française des Thermiciens, ENSMA Futuroscope, Poitiers, 17-19 mai 1995.
- C7. PLATEL V., BUTTO C., FUDYM O., LAURENS M.  
*Transfert de chaleur par pompe thermocapillaire.* Congrès SFT 93, mai Pau, 1993
- C6. FUDYM O., BUTTO C., PLATEL V., JOLY J.L., BONIN J.L.  
*Etudes expérimentale et théorique de l'échauffement du fluide caloporteur dans*

- l'évaporateur d'une boucle diphasique à pompe thermocapillaire*. Congrès International JITH 93, Alexandrie, Egypte 1993.
- C5. POUZET E., PLATEL V., FUDYM O., BUTTO C., JOLY J.L.  
*Influence of gravitationnal effects on the processing of a capillary pumped two-phase loop*. First International Thermal Energy Congress, Marrakech, Maroc (juin 1993)
- C4. GRANDPEIX J.Y., & AL.  
*Application du Formalisme d'Evolution par Transfert (FET) à la modélisation de systèmes thermodynamiques fortement couplés (boucle fluide à pompe thermocapillaire, réacteur catalytique à lit fluidisé, cellule d'électrophorèse)*. Colloque Interuniversitaire Franco-Québécois, Toulouse (juin 1993)
- C3. FEUILLATRE M., & AL.  
*Contrôle thermique en microgravité. Utilisation des boucles fluides à pompe thermocapillaire dans les satellites*. Colloque Interuniversitaire Franco-Québécois, Toulouse (juin 1993)
- C2. BUTTO C., FUDYM O., LAURENS M., PLATEL V.  
*Transferts d'énergie par boucle fluide diphasique à pompe capillaire. Evaluation des performances et des capacités de transport d'un prototype expérimental*. 3<sup>o</sup> Colloque Inter-Universitaire Franco-Marocain "Energies Renouvelables et Utilisation Rationnelle de l'Energie", MARRAKECH, MAROC (AVRIL 1992)
- C1. THELLIER F., CORDIER A., GALEOU M., MONCHOUX F., FUDYM O.  
*Comfort analysis as criterion for energy management*. Building Simulation' 91, IBPSA Proc., 619-622, Sophia Antipolis, France (août 1991).

#### Séminaires (7)

- S7. B. Ladevie, O. Fudym, J.C. Batsale  
*Estimation des transferts thermiques entre deux cylindres en mouvement relatif, séparés par un lubrifiant – Mise au point d'un dispositif de caractérisation thermique de fluide cisailé*. Journée d'Etudes SFT, Paris, 8 mars 2000.
- S6. B. Ladevie, J.C. Batsale, O. Fudym  
*Extension des sondes à choc à la caractérisation de multicouches - mise au point d'un dispositif simple de caractérisation d'isolants ou de fluides cisailés*. Journée d'Etudes SFT, Paris, 29 avril 1998.
- S5. B. Ladevie, J.C. Batsale, O. Fudym  
*Mise au point de dispositifs de mesure de propriétés thermophysiques de matériaux superisolants*. 1<sup>er</sup> Séminaire des Ecoles des Mines « Génie des Procédés », 12 mars 1998.
- S4. O. Fudym, M. El Hafi  
*Formalisme d'Evolution par Transferts : un outil pour la simulation*. Animation d'un atelier, 4<sup>ème</sup> Ecole d'été « Modélisation Numérique en Thermique », Porquerolles, 25-30 mai 1998.
- S3. O. FUDYM  
*Mesures de propriétés des matériaux : introduction aux problèmes inverses*. Stage T.I.P.E « La mesure ». Ecole des Mines d'Albi, 15 et 16 avril 1997.
- S2. FUDYM O., JOLY J.L., BLANCO S.  
*ZOOM : Outil d'aide à la modélisation*. Séminaire élargi, LEPT ENSAM, Bordeaux, 29 mars 1996.
- S1. *Organisation de l'école de formation « ZOOM »*. Ecole des Mines d'Albi, 29 - 31 mai 1996.

# ENCADREMENT DES TRAVAUX

## Encadrement de Post-doctorants

- [PT1] Bruno Ladevie (1999), post-doctorant en PME, salarié de la société Aria Electronique, contrat accompagné d'une subvention DRRT Midi-Pyrénées. Opération de Transfert de Technologie avec la Société Aria Electronique / Minco France.

## Encadrement de thèses de doctorat (5 soutenues, 1 en cours)

- [T1] Bruno Ladevie, Thèse ENSAM, soutenue le 20 novembre 1998 : Mise au point de dispositifs de caractérisation thermophysique de matériaux isolants solides ou pâteux. Extension aux fluides cisailés. Directeur : J.C. Batsale, Co-directeur : O. Fudym. Participation [50 %].
- [T2] Christine Carrère-Gée, Thèse UPS Toulouse III, soutenue le 2 juillet 99 : Etude du séchage indirect d'une fine couche de boue d'hydroxyde d'aluminium en ébullition. Application au cylindre sécheur. Directeur : Didier Lecomte, Co-directeur : O. Fudym. Participation [50 %].
- [T3] Elian Coment, Thèse ENSAM, soutenue le 16 novembre 2001 : Contribution à la mise au point de techniques de mesures de propriétés thermophysiques par sondes à choc. Modélisation, traitement et pilotage électronique des données. Directeur : J.C. Batsale, Co-directeur : O. Fudym. Participation [30 %].
- [T4] Mónica Antilén, Thèse Usach, soutenue le 25 mars 2002, Efecto del Impacto Térmico en suelos: Estudio de la relación temperatura-propiedades del suelo y modelación del gradiente de temperatura en profundidad. Directeur : Mauricio Escudey. Participation [30 %].
- [T5] Alfredo Napoli, Thèse UPS Toulouse III, soutenue le 5 mars 1998, Pyrolyse d'un déchet carboné en vue de sa valorisation: application aux pneumatiques usagés. Participation [20 %].
- [T6] Mohamed Filali, Thèse en cours (2003) : Mise au point d'une méthode de mesure de propriétés thermophysiques des solides divisés – Influence des contraintes mécaniques dans un lit granulaire. Directeur : A. De Ryck Participation [30 %].

## Encadrement de stages DEA & equivalents (6)

### Thèses de MAGISTER encadrées à l'Université de Santiago

- [D1] Mauricio Miranda, Ing. Civil Mecánica, Magister en Ciencias de la Ingeniería, Diseño de un método de medición de perfil de conductividad térmica en medios heterogéneos : modelación y técnica inversa. Participation [100 %].

### Thèses de MAGISTER encadrées à la Pontificia Universidad Católica de Chile

- [D2] Jaime Venegas, Ing. Civil Mecánica y Metalúrgica, Magister en Ciencias de la Ingeniería, Medición del flujo de calor en un horno de ensayo de resistencia al fuego. Participation [70 %].
- [D3] Pedro Reszka (2003), Ing. Civil Mecánica y Metalúrgica, Magister en Ciencias de la Ingeniería, Modelación de un horno de ensayo de resistencia al fuego. Participation [30 %].

### DEA encadrés à l'Ecole des Mines d'Albi

- [D4] Mohamed Filali (2003), Mise au point d'un dispositif expérimental de la mesure de la conductivité thermique d'un milieu granulaire soumis à des contraintes mécaniques. DEA Procédés Systèmes Matériaux (U. de Perpignan). Participation [30 %].
- [D5] Christine Carrère-Gée (1995), Identification d'un coefficient de diffusion au cours du séchage convectif de produits en grain. DEA Energétique et Transferts (Systèmes et les Procédés). Participation [50 %]
- [D6] Patrick Monino (1997), Détermination d'un coefficient apparent de diffusion dans un sol pollué : modélisation et estimation de paramètres. DEA Energétique et Transferts (Systèmes et les Procédés). Participation [50 %]

### Encadrement de Travaux de Fin d'Etudes à la Usach (7)

#### INGÉNIEUR (Civil)

- [D7] Ariel González Rogget (2003), Ing. Civil Mecánica, Detección de inclusiones enteradas a partir de una sollicitación térmica aleatoria superficial. Participation [100 %].
- [D8] Rodrigo Mondaca (2003), Ing. Civil Mecánica, Determinación de un perfil de propiedades termofísicas en medios heterogéneos. Participation [100 %].

- [D9] Freddie Basilio Montenegro Barriga (2001), Ing. Civil Mecánica, Análisis paramétrico de los fenomenos de transferencia de calor y materia en suelos. Participation [100 %].
- [D10] Alvaro Ulloa Guazardo, Ing. Civil Mecánica, Medición de propiedades termofisicas en medio infinito. Participation [100 %].

**INGÉNIEUR (Ejecución)**

- [D11] Marco Lertora (2003), Ing. Ejecución Mecánica, Estudio experimental del avance unidimensional de humedad en suelos insaturados. Participation [50 %].
- [D12] Juan Troncoso (2002), Ing. Ejecución Mecánica, Medición de conductividad térmica de materiales compresibles. Participation [100 %].
- [D13] Pablo Rojas & Alvaro Alvear (2004), Ing. Ejecución Mecánica, Medición de la conductividad térmica de aislantes comerciales en Chile y suelos de origen volcanico. Participation [50 %].

**Autres Stages (3)**

- [D14] Caroline Coutouly (1999), Maitrise de Physique, mention Physique et Applications, UPS Toulouse III, Etude de l'influence de la teneur en eau sur la conductivité thermique de la boue d'hydroxyde d'aluminium, Participation [50%].
- [D15] Julio Cesar Fernandez (1998), stage Socrates, Détermination d'un coefficient apparent de diffusion dans un sol pollué, Participation [50%].
- [D16] Neil A. McTaggart (1998), stage IASTE, Méthodologie de détermination des propriétés thermiques d'un revêtement sur substrat conducteur, Participation [50%].

## Activités d'Enseignement

### 1. Universidad de Santiago de Chile

- Cours de Transferts thermiques 60 heures

Cours semestriel destiné aux étudiants ingénieurs de Génie Mécanique. Une méthode de travail basée sur l'approche par problèmes (PBL) est utilisée pour la partie « conduction ».

### 2. Maître-Assistant à l'Ecole des Mines d'Albi-Carmaux

Responsable de Département, en charge des enseignements d'Energétique.

#### 2.1 Cycle Formation Initiale, première année (IFI1) : Stages d'enseignement

Organisation, réalisation et animation du stage d'enseignement de première année correspondant au thème "Energétique". Il s'agit d'un stage de découverte du monde industriel pour une douzaine d'élèves au moyen d'un circuit de visites d'une durée d'une semaine. L'évaluation est faite par la rédaction d'un rapport centré sur une approche particulière des problèmes industriels.

#### 2.2 Cycle Formation Initiale, deuxième année (IFI2)

- Conduction (TD)	9 heures
- Convection (TD)	9 heures
- Travaux Pratiques « Energétique et Transferts »	30 heures

#### 2.3 Cycle Formation Initiale, troisième année (IFI3)

- Métrologie (TD)	4,5 heures
- Echangeurs thermiques	18 heures

#### 2.4. Cycle Formation Continue Diplomante, première année (IFC1)

En 1999, le cours de conduction a été entièrement refondu et développé, sous forme d'un enseignement suivant une méthode d'approche par problèmes.

- Introduction aux transferts thermiques	3 heures
- Conduction	12 heures
- Transferts de matière	6 heures
- Echangeurs thermiques	12 heures
- Travaux Pratiques « Energétique et Transferts »	16 heures

#### 2.5 Option Energétique

Responsable opérationnel du suivi de l'option "Energétique" (1993)

Dans le cadre de l'organisation de cette option, il m'a fallu organiser un emploi du temps complet de dernière année d'Ecole d'ingénieurs, trouver des conférenciers, intervenants industriels, visites de sites, professeurs extérieurs, salles de Travaux Pratiques, animer des projets, organiser l'étude de procédés industriels spécifiques, et... assurer quelques cours. Une part de ma mission a été également de participer à la personnalisation de l'itinéraire professionnel de chaque élève de l'option, surtout au travers de la recherche, définition et encadrement du stage et du Travail de Fin d'Etudes.

- Enseignements (93-98)	
- Transferts Thermiques avec changement de phase	9 heures

- Métrologie thermique	9 heures
- Introduction Générale à l'Energétique	9 heures
- Méthodes numériques en transferts thermiques	6 heures
- Projet Informatique (Volumes Finis)	30 heures
- Conception, organisation et suivi de modules d'enseignements	
- Energétique et environnement	30 heures
- Métrologie et énergétique	45 heures
- Méthodes numériques en transferts thermiques	45 heures

## 2.6 Responsable des Travaux pratiques « Energétique et Transferts »

- Mise en place de la salle de Travaux pratiques « Energétique et Transferts », c'est à dire en coordination avec une équipe pédagogique constituée de neuf personnes : Définition des objectifs pédagogiques, Définition des TP montés, Achat équipement, Aménagement technique de la salle, Organisation de la planification, du déroulement et évaluation des TP.

- Les TP installés sont :

1. Mesure de conductivité thermique par la méthode du Plan chaud
2. Etude du cycle frigorifique
3. Rhéomètre
4. Tour de refroidissement
5. Banc de dynamique des fluides
6. Bilan de combustion
7. Réacteur automatisé
8. Ecoulement d'air (soufflerie)
9. Mesure de coefficient d'échange convectif dans un échangeur à courants croisés

## 2.7 Encadrement de Travaux de fin d'études EMAC (16)

Vincent Eymet (99)

Frédéric Favier (99)

Olivier Broggi (98), Définition d'une offre gazière dans le domaine de la climatisation en Argentine, Gaseba, Buenos Aires.

Christophe Burnel (98), Optimisation de la consommation d'énergie électrique dans les transports urbains (métro, tramway, trolleybus), Transdev, Semavat, Toulouse.

Bruce Levigneux (97), Etude et validation d'un modèle d'initiateur d'airbag, Motorola, Toulouse.

Christophe Lahouze (96), Etude technique sur les procédés de traitement thermique des boues, GDF Direction de la Recherche, La-Plaine-Saint-Denis.

Jean-Marc Canitrot (95), Récupération et valorisation de chaleur de l'air extrait des arches de cuisson, VOA, Albi.

Jean-Marc Cuminetti (95), Audit énergétique d'une chaudière, Rhone Poulenc Filtec SA, Albi.

Ali Zouad (95), Etude d'un groupe de production de froid pour véhicules industriels, Esperou SA, Albi.

Olivier Picot (95), Analyse thermique d'un instrument spatial MHS, Réalix Technologie, Labège.

Francis Wohlwend (95), Dimensionnement par modélisation d'un sous-système d'installation de vitrification de cendres, H.E.S, Toulouse

Gérard Lollivier (94), Etude technico-économique d'élimination de déchets. SNPE Ingénierie, Toulouse.

Serge De Silva (94), Amélioration d'un système de refroidissement pour un procédé d'extrusion de PVC.

Esys Montenay, Blagnac.

Jacques Luby (94), Etude de l'implantation d'une unité de cogénération d'énergie, Mairie de Nîmes.

Thierry Napoli (94), Caractérisation et optimisation d'échangeurs à ailettes pour applications spatiales, COMAT, Balma

Bernard Nattier (94), Définition d'un plan directeur pour la maîtrise de l'énergie, VOA, Albi.

## **2.8 Encadrement de travaux de recherche documentaire**

Chaque année, les élèves effectuent une recherche documentaire qu'il convient d'encadrer, et dont le rapport est corrigé :

- IFI1 : Etude de brevets
- IFI2 : Etude de marché
- IFI3 et IFC1 : Etude de procédé

## **2.9 Missions de référent**

Le parcours personnel de chaque élève et la construction de son propre projet professionnel sont des points clés du projet pédagogique de l'EMAC. Pour l'accompagner dans ses choix et veiller à la cohérence de ces choix, chaque élève est suivi tout au long de sa scolarité par un référent, qu'il rencontre régulièrement pour des entrevues spontanées aussi bien que pour des entretiens formels.

## **2.10 D.E.A. "Energétique et Transferts : systèmes et procédés"**

Participation au cours de tronc commun 05TC

- Introduction aux problèmes inverses : application à la conduction 3 heures

## **2.11 Responsabilités administratives**

- Responsable adjoint du Département "Génie des Procédés", en charge des enseignements d'Energétique
  - coordination des enseignements d'énergétique
  - gestion des enseignants et vacataires
  - cohérence avec le projet pédagogique d'ensemble
  - Réforme du projet pédagogique : reformulation de l'ensemble du syllabus
  - Montage des Travaux Pratiques d'Energétique
- Membre du Comité de l'enseignement de l'établissement
- Membre du Comité des Etudes (de 1993 à 1997)

## **Valorisation de la recherche**

A partir de 1996, dans le cadre des travaux de thèse de Bruno Ladevie, est apparue une collaboration privilégiée entre notre Laboratoire au sein du Centre Energétique-Environnement à l'Ecole des Mines d'Albi, et les Sociétés Aria Electronique et Minco France SA.

Ce partenariat s'est d'abord manifesté par un projet d'assistance pour la mise au point de fabrication de thermopiles et de capteurs fluxmétriques, aidé par un programme PUMA de la DRIRE Midi-Pyrénées.

La collaboration s'est ensuite focalisée sur le développement technique et la commercialisation de la méthode du ruban chaud, développée par Bruno Ladevie dans sa thèse, dirigée par Jean-Christophe Batsale du LEPT-ENSAM à Bordeaux, et co-dirigée par O. Fudym.

Une convention, assez proche d'un accord cadre a été signée entre les partenaires, assortie de l'embauche de Bruno Ladevie par la Société Aria Electronique, sous la forme d'un contrat de Post-Doctorant en PME-PMI, subventionné par la DRRT, encadré à l'EMAC par O. Fudym. Deux contrats similaires ont suivi pour Christophe Peré et Elian Coment.

L'ensemble de ces actions ont convergé en 2003 vers la mise en place d'un Laboratoire Commun entre Aria Electronique et l'Ecole des Mines d'Albi, sous le nom de CapThermic, avec comme objectif principal la valorisation de nos travaux de recherche et le développement de nouveaux instruments.

## CURRICULUM VITAE DE PESQUISADOR ESTRANGEIRO

### 1. Actuación Profesional/Local de Trabajo

nombre <b>ROBERTO SANTANDER MOYA</b>		e-mail <b>rsantand@lauca.usach.cl</b>	
entidad <b>UNIVERSIDAD DE SANTIAGO DE CHILE</b>		cargo/función <b>Profesor Asociado</b>	
división/unidad <b>Facultad de Ingeniería – Depto Ingeniería Mecánica</b>			inicio(mês/ano) <b>3/1986</b>
dirección profesional <b>Avda. Bernardo O'Higgins 3363 – Santiago Chile</b>			casilla de correo <b>10233</b>
ciudad <b>Santiago</b>	Pcia. <b>Metropolitana</b>	País <b>Chile</b>	C.P.
telefono <b>(56-2) 6812292</b>	interno	Fax <b>(56-2) 6823020</b>	

### 2. Titulación/Formación Académica

<b>Grado</b> Dr - Ing	curso <b>Eng Mecânica</b>		Período <b>1993-1996</b>	
	entidad/institución <b>Universidade Federal Santa Catarina</b>	ciudad <b>Florianópolis</b>	País <b>Brasil</b>	Pcia.
<b>Grado</b> M-Sc	Curso <b>Eng Mecânica</b>		Período <b>1991-1992</b>	
	entidad/institución <b>Universidade Federal Santa Catarina</b>	ciudad <b>Florianópolis</b>	País <b>Brasil</b>	Pcia.
<b>Grado</b> Ing. Civil Mecánico	Curso <b>Ingeniería Mecánica</b>		Período <b>1986</b>	
	entidad/institución <b>Universidad de Santiago de Chile</b>	Ciudad <b>Santiago</b>	País <b>Chile</b>	Pcia.
<b>grado</b>	curso		Período	
	entidad/institución	ciudad	País	Pcia.
<b>grado</b>	Curso		Período	
	Entidad/institución	ciudad	País	Pcia.

### 3. Área de Actuación

segmento/actividad	para el uso del CNPq
<b>Profesor Asociado Depto – Ing Mecánica – Universidad de Santiago de Chile - Ciencias Térmicas</b>	
<b>Investigador / Universidad de Santiago de Chile – Ciencias Térmicas</b>	

<b>4. Actividad actual</b>			
dirección y administración			
investigación y desarrollo	Investigador Universidad de Santiago de Chile Chercheur, Centre Energétique Environnement Ecole des Mines de Albi / France		
Trabajo técnico/especialización (otras)	Técnicas de laboratorio en análisis térmico		
<b>5. Experiencia profesional</b>			
<b>5.1. actividades</b>	período		
Profesor Ingeniería Mecánica	1986-2004		
Investigación área de medios porosos –USACH – Chile	1998-2004		
Investigación adsorción de metales pesados con hidróxido de apatite France	2004-2005		
Consultor de empresas área de ciencias térmicas	2000-2003		
<b>6. Producción Científica, Tecnológica y Artística Complementar</b>			
	cantidad		cantidad
1. artículos científicos en periódicos especializados nacionales	----	6. comunicación en congresos, seminarios, palestras, etc.	23
2. artículos científicos en periódicos especializados extranjeros	5	7. participación en exposiciones, presentaciones, etc.	3
3. artículos de divulgación científica	----	8. filmes, vídeos, audiovisuales realizados	----
4. tesis defendidas	3	9. patentes obtenidas	----
5. tesis dirigidas	2	10. libros publicados	----

**7. Principales publicaciones:**

Listar las principales publicaciones realizadas, incluyendo sobretodo, las más importantes para el proyecto en cuestión.

- Analytical solution of coupled diffusion equations in semi – infinite media; Journal of Heat Transfer (ASME); O. Fudym, J. C. Batsale, Santander R, Bubnovich V. June 2004 vol 126 pp 471/475
- Extension of the hot wire method to the characterization of stratified soils with multiple temperature analysis, E. Coment, O. Fudym, B. Ladevie, J. C. Batsale, R. Santander, Journal Inverse Problem in Engineering , May 2003
- Experimental Analysis of Unsteady Heat and Moisture Transfer Around a Heat cylinder buried Into a Porous Medium; International journal of Heat and Mass Transfer, Santander R. , Prata; A. T. Cunha Neto J. A. B; vol 42 pp 2187 – 2198, 1999
- Assessment of mass and Heat Transfer Mechanism in Unsaturated soil, International Communications Journal in Heat and Mass Transfer, Santander r. ; Bubnovich V; vol 29, number 24 pp 401 – 425; 2002

**8. Idiomas**

marcar la columna apropiada: P – poco R – razoablemente B – bien

Idioma	habla			lee			escribe		
	P	R	B	P	R	B	P	R	B
Español	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Portugues	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Francés	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**8. Firma**

_____	16/9/2004	Roberto Santander M.
local	fecha	Firma