

## **ESTUDO DO TRANSIENTE TÉRMICO EM MULTICAMADAS USANDO COMPUTAÇÃO ALGÉBRICA.**

**LUCAS GOMES DA SILVA (APRESENTADOR)<sup>1,2</sup>, CARLOS AUGUSTO  
FERNANDES DAGNONE<sup>1,2</sup>, GIAN MACHADO DE CASTRO<sup>1,2</sup>, WANDERSON  
GONÇALVES WAZELLER<sup>1,2\*</sup>**

<sup>1</sup>Universidade Federal da Fronteira Sul, *campus* Laranjeiras do Sul; <sup>2</sup>Grupo de Pesquisas *Métodos numéricos e modelagem computacional*

\*Autor para correspondência: Wanderson Gonçalves Wanzeller (wanderson@uffs.edu.br)

### **1 Introdução**

Câmaras frias são ambientes climatizados utilizados na conservação de alimentos. Basicamente apresentam paredes formadas por materiais distintos. Em geral, é empregada uma camada de alvenaria com emboço (parede externa), uma camada de isolante térmico e uma terceira camada (interna) que serve de revestimento onde podemos utilizar diversos tipos de materiais (de acordo com a finalidade da câmara). Logo, sua composição é em multicamadas.

O presente projeto visa o estudo do transiente térmico nas paredes de uma câmara fria. Esses ambientes correspondem – numa situação ideal - a um sistema termicamente isolado, ou seja, não há trocas térmicas entre o interior da câmara e o meio externo. Assim, o valor da temperatura dentro da câmara se mantém constante. Em um modelo ideal a eficiência energética é maximizada. Porém, câmaras frias reais são formadas por paredes compostas por tijolos, emboço, material isolante e camada interna, onde há trocas térmicas entre os ambientes. Fisicamente não existe um isolante térmico perfeito. Logo, há sempre uma

absorção de calor pela parede que aumenta a temperatura interna da câmara fria. Esse fato diminui a sua eficiência energética, aumentando o consumo de energia elétrica. Nosso projeto tem como objetivo o estudo do transiente térmico nas paredes da câmara fria e a implementação de um modelo computacional que considere todas as variáveis do problema físico em questão.

O fluxo de energia térmica (Calor), por condução, dentro de um corpo é regido pela equação diferencial parcial (EDP) (BOYCE, 2000; CARSLAW, 1959)

$$\frac{\partial u(x,t)}{\partial t} = \alpha^2 \frac{\partial^2 u(x,t)}{\partial t^2} \quad (1)$$

com as devidas condições de contorno e inicial. Nossos estudos anteriores mostraram que podemos utilizar métodos numéricos para descrever o comportamento da função temperatura dentro de uma parede não homogênea (GURTAT, 2012, 2013, 2015) utilizando elementos finitos implícito e explícito, empregando uma linguagem de programação de alto nível (*Fortran77*). Para tal foi realizado um tratamento analítico anterior a elaboração do algoritmo. Nesse momento buscamos uma ferramenta computacional (*software*) onde possamos implementar nosso problema de modo a evitar o tratamento analítico.

## 2 Objetivo

Temos com objetivo geral a modelagem computacional de uma câmara fria utilizando abordagens Físicas e Matemáticas em conjunto com softwares de manipulação algébrica. Especificamente:

- a) Estudo da equação do calor para um meio composto.
- b) Estudo de softwares de manipulação algébrica.
- c) Estudo da solução numérica da equação do calor para um meio composto empregando *softwares* de manipulação algébrica.
- d) Elaboração de modelos computacionais, empregando as ferramentas matemáticas e

numéricas estudadas anteriormente, visando a melhor compreensão do transiente térmico em multicamadas.

### 3 Metodologia

Nossa proposta inicial almejava utilizar softwares gratuitos, tais como: *Maxima* (MAXIMA), *Octave* (OCTAVE) e *Scilab* (SCILAB). No decorrer do projeto o software *Octave* se mostrou instável no sistema operacional que estamos utilizando (*Linux*). O software *Scilab* (na figura 1 temos o *Frontend* do programa e na figura 2, um exemplo de código) utiliza uma interface em *java*, o que o deixa muito “pesado” além de não se mostrar propício a resolver EDPs sem a utilização de um método numérico de elementos finitos, logo, o resultado obtido por ele por ser adquirido utilizando linguagens de computação mais adequadas, tais como C++ e *Fortran* 77. Outro software que testamos foi o *Maxima* (na figura 3 temos o *Frontend* do software *Maxima*). Ele se mostrou rápido e robusto para a solução de equações diferenciais ordinárias (EDOs), mas, para a solução de EDPs se faz necessário uma implementação via elementos finitos. Como no caso do *Scilab*, o *Maxima* não foi vantajoso.

Figura 1: Frontend do software Scilab

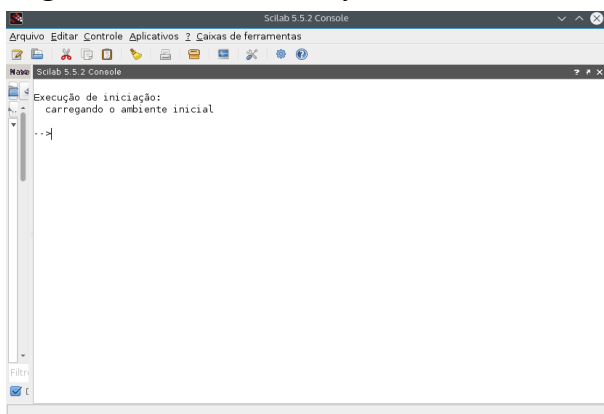
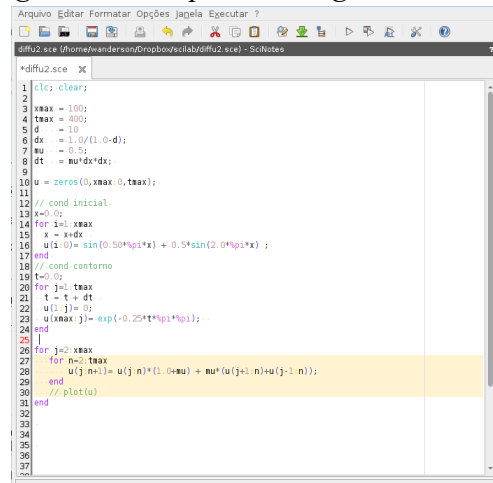


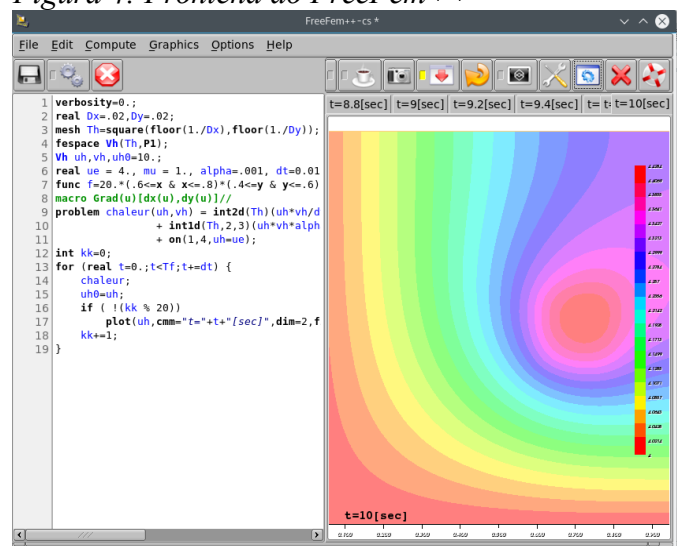
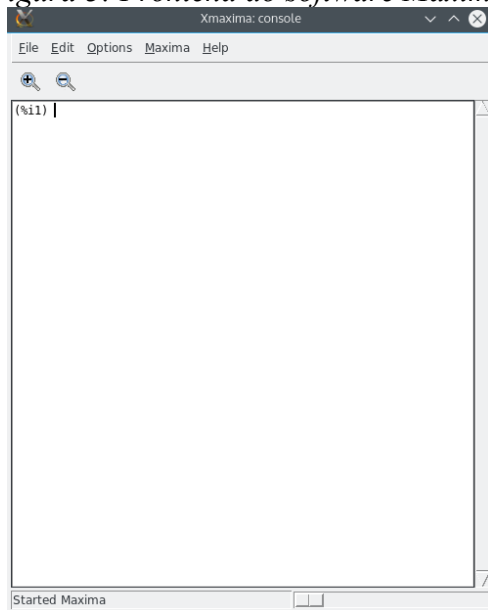
Figura 2: Exemplo de código no Scilab



Nesse ponto, buscamos um novo software. Uma possibilidade que se adequa ao objeto de

estudo é o *FreeFEM++* (FREFEM), (na figura 4 temos o *frontend* do software *FreeFEM++*).

Figura 3: Frontend do software Maxima Figura 4: Frontend do FreeFem++



## 4 Resultados e Discussão

Salientamos que esse projeto entrou em execução em janeiro/2017. Isso se deve a trâmites burocráticos entre a Fundação Araucária (financiadora do projeto) e o governo federal. Logo, não houve um avanço significativo.

Durante os testes, as características de cada *software* ficaram mais claras. A robustez do *Maxima* nos impressionou positivamente e a vagarosidade do *Scilab* negativamente. Há fortes indícios que o *FreeFem++* casará perfeitamente com nossa proposta inicial.

## 5 Conclusão

Temos como objetivo o tratamento da equação do Calor (equação 1) através de um *software* de manipulação algébrica. Foram testados diversas opções mas até o momento apenas uma se

mostrou apta ao estudo, o FreeFEM++. Em breve teremos resultados significativos e o projeto está seguindo o seu cronograma.

### Referências

BOYCE, W. E.; DIPRIMA, R. C. **Equações diferenciais elementares**, pág. 541 a 590. 2000.

CARSLAW, H. S.; JAEGER, J. C. **Conduction of heat in solids**. Londres, 1959.

FREFEM, <http://www.freefem.org/> (acessado em 08/07/2017 as 9:00h)

GURTAT, M.; WANZELLER, W. G. ; DAGNONE, C. A. F. ; CASTRO, G. M. . **DINÂMICA DA TRANSMISSÃO DE CALOR POR CONDUÇÃO EM ISOLAMENTOS DE CÂMARAS FRIGORÍFICAS**. In: II SEPE - Seminário de Ensino, Pesquisa e Extensão, 2012, Laranjeiras do Sul-PR. Portal de Eventos da UFFS, II SEPE - Seminário de Ensino, Pesquisa e Extensão. Chapecó-SC: Edição online, 2012. v. 1. p. 1-1.

GURTAT, M.; WANZELLER, W. G. ; CASTRO, G. M. ; DAGNONE, C. A. F. . **DINÂMICA DA TRANSMISSÃO DE CALOR POR CONDUÇÃO EM CÂMARAS FRIGORÍFICAS UTILIZANDO O MÉTODO DE DIFERENÇAS FINITAS**. In: III SEPE, Seminário de Ensino, Pesquisa e Extensão, 2013, Laranjeiras do Sul. Portal de Eventos da UFFS, II SEPE - Seminário de Ensino, Pesquisa e Extensão. Chapecó-SC, 2013. v. 3.

GURTAT, M.; Alves, A; WANZELLER, W. G. ; CASTRO, G. M. ; DAGNONE, C. A. F. **APLICAÇÃO DE TRANSFORMADA DE LAPLACE EM PROBLEMAS DE MULTICAMADAS**. n: V SEPE, Seminário de Ensino, Pesquisa e Extensão, 2015, Laranjeiras do Sul. Portal de Eventos da UFFS, V SEPE - Seminário de Ensino, Pesquisa e Extensão. Chapecó-SC, 2015. v. 5.

MAXIMA, <http://maxima.sourceforge.net/> (acessado em 06/07/2017 as 15:00h)

OCTAVE, <https://www.gnu.org/software/octave/> (acessado em 06/07/2017 as 15:00h)

SCILAB, <http://www.scilab.org/> (acessado em 06/07/2017 as 15:00h)

**Palavras-chave:** Multicamadas; computação algébrica; transiente térmico

### Fonte de Financiamento

Fundação Araucária