

CONVEÇÃO FORÇADA LAMINAR DE FLUIDO NÃO-NEWTONIANO USANDO O MODELO LEI DE POTÊNCIA: SOLUÇÃO VIA GITT

Jean Pierre Veronese

(*) Laboratório de Energia Solar (LES) da UFPB, Cidade Universitária - Campus I, 58059-900, João Pessoa/PB, e-mail: jpveronese@ig.com.br

Jacques Cesar dos Santos

(*), e-mail: jacquescesarsantos@ig.com.br

Carlos A. Cabral dos Santos

(*), e-mail: cabral@les.ufpb.br

Romberg Rodrigues Gondim

(*), e-mail: romberg@les.ufpb.br

Resumo. No presente trabalho a convecção forçada no escoamento em desenvolvimento com uma variação senoidal na temperatura de entrada é estudada analiticamente em canais de placas planas paralelas para um fluido não-newtoniano. A Técnica da Transformada Integral Generalizada (GITT) é utilizada para fornecer uma solução híbrida semi-analítica da equação da energia, sujeita a uma condição de contorno do 5º tipo, a qual considera os efeitos da convecção externa e da capacidade térmica da parede. São obtidos os resultados considerados de interesse prático como a temperatura do fluido ao longo da linha central do duto. A fim de validar o procedimento da solução utilizada, os resultados da temperatura foram apresentados em função das posições axiais adimensionais e comparados com os resultados publicados anteriormente por Cheroto (1998).

Palavras-chave: Convecção forçada. GITT, Fluido não-newtoniano, Lei de potência

1. INTRODUÇÃO

A maioria dos chamados "novos materiais" possui um comportamento não-linear que não é adequadamente descrito pelas teorias constitutivas clássicas da mecânica. A necessidade crescente da formulação de modelos e de métodos de cálculo capazes de auxiliar no estudo destes materiais levou a uma evolução da teoria da dinâmica dos fluidos, desenvolvendo assim uma análise para os fluidos com comportamento dinâmico diferenciado dos demais fluidos enumerados. Isto é decorrência do crescimento da importância destes fluidos no processamento industrial e em outros segmentos da economia onde os fluidos presentes não se comportam como fluidos newtonianos.

Exemplos típicos de substâncias com comportamentos não-newtonianos são: suspensões de sólidos em líquidos, polímeros, emulsões, materiais em processamento com propriedades visco-elástico, borrachas, plásticos, fibras sintéticas, petróleo, detergente e sabão, fluidos biológicos e farmacêuticos, alimentos, operações no campo de óleos, tintas. Notadamente nas indústrias siderúrgica, petroquímica, nuclear e aeroespacial entre outros.

O estudo da convecção forçada tem sido objeto de interesse por parte de muitos pesquisadores, devido a sua importância prática na engenharia. Devido à necessidade cada vez maior de soluções

exatas em curto intervalo de tempo, as técnicas de aproximação numérica vêm ganhando espaço sobre a experimentação e aos métodos analíticos clássicos. Isto ocorre, pois a experimentação é quase sempre demorada, dispendiosa e os gastos com aquisição e aferição de equipamentos são enormes para cada nova situação e os métodos analíticos clássicos apresentam certas limitações.

A Técnica da Transformada Integral Generalizada (GITT), presente neste trabalho, é conhecida como um método poderoso na solução e manipulação de certas classes de problemas difusivos de calor e massa. A idéia básica consiste em transformar um sistema de equações diferenciais parciais original em um sistema infinito de equações diferenciais ordinárias, através da eliminação de dependências espaciais, onde esses podem ser resolvidos de maneira mais simples, com a vantagem de produzir uma solução mais acurada e mais econômica além de permitir um controle sobre o erro relativo dos resultados.

O principal objetivo deste trabalho é resolver as equações da camada limite para o problema da convecção forçada de um fluido não-newtoniano em um canal de placas planas paralelas no escoamento com condição de entrada periódica pela aplicação da Técnica da Transformada Integral Generalizada (GITT), técnica esta aplicada para fornecer uma solução híbrida semi-analítica na equação da energia. O presente trabalho pode ser inserido no contexto dos problemas de convecção forçada, sendo considerado uma extensão dos trabalhos realizados por: Cheroto (1998), Santos (2002), Veronese (2002) e outros; na resolução das equações da camada limite através da Técnica da Transformada Integral Generalizada, obtendo dados de interesse prático tais como a temperatura do fluido ao longo da linha central do duto.

2. FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

Consideremos a convecção forçada, com o perfil de velocidade completamente desenvolvido, em um escoamento laminar de um fluido não-newtoniano em um canal de placas paralelas. A equação da energia esta sujeita a uma condição de contorno do 5º tipo, a qual considera os efeitos da convecção externa e da capacidade térmica da parede. As hipótese para a formulação matemática são: escoamento laminar, fluido incompressível e bidimensional. Não considerar-se-á os efeitos de dissipaçāo viscosa e as propriedades físicas serão mantidas constantes. O problema proposto pode ser representado pelas equações abaixo:

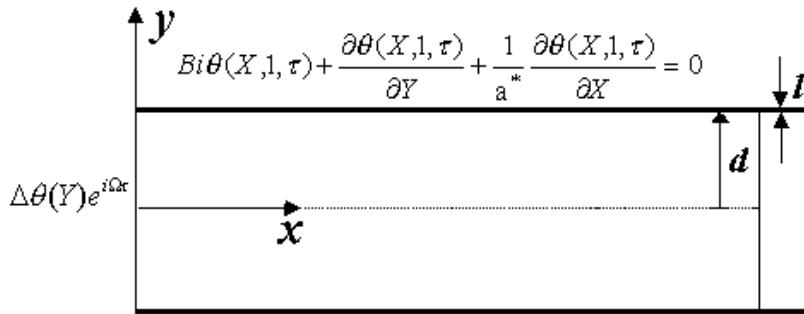


Figura 1. - Definição do Problema Proposto

Equação da energia e condições de contorno:

$$\frac{\partial\theta}{\partial\tau} + U_\infty(Y) \frac{\partial\theta}{\partial X} = \frac{\partial^2\theta}{\partial Y^2}; \quad 0 < Y < 1 \text{ e } X > 0 \quad (1 \text{ a})$$

$$\theta(0, Y, \tau) = \Delta\theta(Y)e^{i\Omega\tau}; \quad 0 \leq Y \leq 1 \text{ e } \tau > 0 \quad (1 \text{ b})$$

$$\frac{\partial \theta}{\partial Y}(X,0,\tau) = 0 \quad ; \quad X > 0 \text{ e } \tau > 0 \quad (1 \text{ c})$$

$$Bi\theta(X,1,\tau) + \frac{\partial \theta(X,1,\tau)}{\partial Y} + \frac{1}{a^*} \frac{\partial \theta(X,1,\tau)}{\partial X} = 0; \quad X > 0 \text{ e } \tau > 0 \quad (1 \text{ d})$$

Foram utilizados os seguintes grupos adimensionais:

$$Y = \frac{y}{d}; \quad X = \frac{x}{d}; \quad \Omega = \frac{\beta d^2}{\alpha}; \quad a^* = \frac{(\rho c)_f}{(\rho c)_w} \frac{d}{l}; \quad \theta = \frac{T - T_\infty}{\Delta T_c}; \quad (2 \text{ a-e})$$

$$\Delta\theta = \frac{\Delta T}{\Delta T_c}; \quad Bi = \frac{h_e d}{k_f}; \quad \tau = \frac{\alpha t}{d^2}; \quad U_\infty = \frac{u}{u_0}; \quad (2 \text{ f-i})$$

Segundo Mikhailov e Özisik (1984), o modelo Lei de Potência, para o fluido não-newtoniano no termo de velocidade completamente desenvolvido é dado por:

$$U_\infty(Y) = \frac{2n+1}{n+1} \left(1 - Y^{\frac{n+1}{n}} \right) \quad (2 \text{ j})$$

Quando $n = 1$, a equação acima se reduz ao modelo newtoniano. Os fluidos em que $n < 1$ são chamados de pseudoplásticos ; os exemplos incluem as soluções polímeras, suspensões coloidais e polpa de papel em água. Se $n > 1$ o fluido é chamado de dilatante; os exemplos incluem as suspensões de amido e areia.

2.1 Solução Periódica

Como é de interesse a solução periódica para tempos longos, pode-se assumir então como solução a seguinte expressão abaixo, facilitando a resolução do problema.

$$\theta(X, Y, \tau) = \bar{\theta}(X, Y) \exp(i\Omega\tau) \quad (3)$$

Substituindo a equação acima na Eq. (1), temos:

$$i\Omega\bar{\theta} + U_\infty(Y) \frac{\partial \bar{\theta}}{\partial X} = \frac{\partial^2 \bar{\theta}}{\partial Y^2} \quad 0 < Y < 1 \text{ e } X > 0 \quad (4 \text{ a})$$

$$\bar{\theta}(0, Y, \tau) = \Delta\theta(Y); \quad 0 \leq Y \leq 1 \text{ e } \tau > 0 \quad (4 \text{ b})$$

$$\frac{\partial \bar{\theta}}{\partial Y}(X, 0, \tau) = 0 \quad ; \quad X > 0 \text{ e } \tau > 0 \quad (4 \text{ c})$$

$$Bi\bar{\theta}(X, 1, \tau) + \frac{\partial \bar{\theta}(X, 1, \tau)}{\partial Y} + \frac{1}{a^*} i\Omega\bar{\theta} = 0; \quad X > 0 \text{ e } \tau > 0 \quad (4 \text{ d})$$

2.2 Solução via GIT

Problema auxiliar:

$$\frac{d^2\Gamma_i(Y)}{dY^2} + \beta_i^2 \Gamma_i(Y) = 0 ; \quad 0 < Y < 1 ; \quad i = 1, 2, 3, \dots \quad (5 \text{ a})$$

Condições de contorno para o problema auxiliar:

$$\frac{d\Gamma_i(0)}{dY} = 0 \quad (5 \text{ b})$$

$$\frac{d\Gamma_i(1)}{dY} + Bi\Gamma_i(1) = 0 \quad (5 \text{ c})$$

$$\tilde{\Gamma}_i(Y) = \frac{\Gamma_i(Y)}{\sqrt{M_i}} \quad (5 \text{ d})$$

A normalização integral, M_i , é dada por:

$$M_i = \int_0^1 \Gamma_i^2(Y) dY \quad (5 \text{ e})$$

A solução para o problema de autovalor (5.a-c) é dada por:

$$\Gamma_i(Y) = \cos(\beta_i Y) ; \quad i = 1, 2, 3, \dots \quad (5 \text{ f})$$

Onde os autovalores, β_i , são encontrados através da Eq. transcendental dada abaixo:

$$Bi\cos(\beta_i) = \operatorname{sen}(\beta_i)\beta_i ; \quad i = 1, 2, 3, \dots \quad (5 \text{ g})$$

Da propriedade de ortogonalidade:

$$\int_0^1 \tilde{\Gamma}_i(Y) \tilde{\Gamma}_j(Y) dY = \begin{cases} 0 & ; i \neq j \\ 1 & ; i = j \end{cases} \quad (5 \text{ h})$$

O par de Transformada-Inversa é dado por:

$$\bar{\theta}_i(X) = \int_0^1 \tilde{\Gamma}_i(Y) \bar{\theta}(X, Y) dY \quad (\text{Transformada}) \quad (6 \text{ a})$$

$$\bar{\theta}(X, Y) = \sum_{i=1}^{\infty} \tilde{\Gamma}_i(Y) \bar{\theta}_i(X) \quad (\text{Inversa}) \quad (6 \text{ b})$$

O operador integral é visualizado como:

$$\int_0^1 \tilde{\Gamma}_i(Y) dY \quad (6 \text{ c})$$

Para proceder à transformação integral da Eq. (4 a) deve-se operá-la com a Eq. (6 c), para obter:

$$\int_0^1 \tilde{\Gamma}_i(Y) U_\infty(Y) \frac{\partial \bar{\theta}}{\partial X} dY = \int_0^1 \tilde{\Gamma}_i(Y) \frac{\partial^2 \bar{\theta}}{\partial Y^2} dY - \int_0^1 \tilde{\Gamma}_i(Y) i\Omega \bar{\theta} dY \quad (7 \text{ a})$$

Aplicando a expressão da inversa (6 b), o lado esquerdo da Eq. acima torna-se:

$$\int_0^1 \tilde{\Gamma}_i(Y) U_\infty(Y) \sum_0^1 \tilde{\Gamma}_j(Y) \frac{d\bar{\theta}_j(X)}{dX} dY \quad (7 \text{ b})$$

O lado direito da Eq. (7 a) será resolvido separadamente, na primeira integral será usado o segundo teorema de Green para obter:

$$\int_0^1 \bar{\theta}_i(X, Y) \frac{d^2 \tilde{\Gamma}_i}{dY^2} dY + \left[\tilde{\Gamma}_i \bar{\theta}_i(X, Y) \frac{\partial \bar{\theta}_i(X, Y)}{\partial Y} - \bar{\theta}_i(X, Y) \frac{d\tilde{\Gamma}_i}{dY} \right]_{Y=0}^{Y=1} \quad (7 \text{ c})$$

Aplicando o problema de autovalor para simplificar o restante da integral e em seguida a formula da inversa. Quando $Y = 0$, os termos desaparecem, logo:

$$-\beta_i^2 \int_0^1 \sum_{j=1}^{\infty} \tilde{\Gamma}_i(Y) \tilde{\Gamma}_j(Y) \bar{\theta}_j(X) dY + \left[\tilde{\Gamma}_i(1) \frac{\partial \bar{\theta}_i(X, 1)}{\partial Y} - \bar{\theta}_i(X, 1) \frac{d\tilde{\Gamma}_i}{dY} \right] \quad (7 \text{ d})$$

Para continuar a transformação, as equações de contorno (4 d) e (5 c) serão necessárias e por cancelamento os termos com número de Biot (termos iguais, mas com sinais opostos) desaparecerão e a Eq. (7 c) pode ser reescrita como:

Para $i = j$:

$$= -\beta_i^2 \bar{\theta}_j(X) - i \frac{\Omega}{a_*} \sum_{j=1}^{\infty} \tilde{\Gamma}_i(1) \tilde{\Gamma}_j(1) \bar{\theta}_j(X) \quad (8)$$

Na segunda integral do lado direito da Eq. (7 a), após aplicar a fórmula da Inversa:

$$i\Omega \bar{\theta}_j(X) \quad (9)$$

Reagrupando todos os termos :

$$i \frac{\Omega}{a_*} \tilde{\Gamma}_i(1) \sum_{j=1}^{\infty} \tilde{\Gamma}_j(1) \bar{\theta}_j(X) - \beta_i^2 \bar{\theta}_i(X) - \sum_{j=1}^{\infty} \frac{d\bar{\theta}_j(X)}{dX} Q_{ij} - i\Omega \bar{\theta}_j(X) = 0 \quad (10)$$

Onde:

$$Q_{ij} = \int_0^1 \tilde{\Gamma}_i(Y) \tilde{\Gamma}_j(Y) U_\infty(Y) dY \quad (11)$$

Note que a transformação eliminou do problema a dependência em Y , agora a Eq. (10) pode ser reescrita na forma matricial:

$$Q_{ij} \frac{d\bar{\theta}(X)}{dX} = B_{ij} \bar{\theta}(X) \quad (12)$$

Onde:

$$B_{ij} = -(\beta_i^2 + i\Omega)\delta_{ij} - \frac{i\Omega}{a^*} \tilde{\Gamma}_i(1) \tilde{\Gamma}_j(1) \quad (13)$$

As condições de entrada são dadas pela Eq. (4.b) e precisam ser transformadas pelo operador da Eq. (6c) para obter:

$$\bar{\theta}_i(0) = f_i(Y) \quad (14)$$

com

$$f_i(Y) = \int_0^1 \tilde{\Gamma}_i(Y) \Delta\theta(Y) dY \quad (15)$$

finalmente o sistema transformado é definido como:

$$\frac{d\bar{\theta}(X)}{dX} = A \bar{\theta} \quad (16)$$

Onde:

$$A = Q_{ij}^{-1} B_{ij} \quad (17)$$

O sistema de equações diferenciais ordinário é truncado em NA termos e numericamente solucionado. Para a recuperação da temperatura original, utiliza-se a Eq. (6 b), equação da inversa, para obter o potencial original.

3. ANÁLISE DOS RESULTADOS PARA O CAMPO DE TEMPERATURA

Apresentamos a convergência da temperatura ao longo da linha central do duto para diferentes índices Lei de Potência e Biot. O perfil da temperatura na entrada é do tipo $\Delta\theta(Y) = 1 - Y^2$. NA é o número de termos utilizados na expansão. As Tabelas abaixo mostram a convergência da temperatura ao longo da linha central do duto para os diferentes índices Lei de Potência, com número de Reynolds (Re) igual a 452 e número de Prandtl (Pr) igual a 0,7. Na Tabela (1) os valores convergem rapidamente, apenas com 9 termos, para os diferentes índices Lei de Potência. Na Tabela (2), são comparados os resultados obtidos para índice Lei de Potência igual a 1 ($n = 1$) com os resultados obtidos por Cheroto (1998), obtendo uma excelente concordância com estes resultados. Na Tabela (3), é mostrado os resultados para diversos índices Lei de Potência, variando o número de Biot, utilizando desta vez $a^* = 8,5 \times 10^{30}$, neste caso a convergência é rápida, utilizando apenas 7 termos.

Tabela 1. - Convergência da temperatura ao longo da linha central do duto, usando $Bi = 10^5$, $\Omega = 0,06491$, $a^* = 5 \times 10^{-5}$, $\Delta\theta(Y) = 1 - Y^2$ e vários índices Lei de Potência

Índice Lei de Potência = 0,5. (n = 0,5)				
X	0,01	0,1	0,5	1,0
NA=3	0,984931	0,844862	0,384492	0,142520
NA=7	0,984963	0,845080	0,384546	0,142538
NA=9	0,984978	0,845082	0,384547	0,142539
Índice Lei de Potência = 1,0. (n = 1)				
X	0,01	0,1	0,5	1,0
NA=3	0,986425	0,856064	0,405527	0,158004
NA=7	0,986564	0,856208	0,405575	0,158022
NA=9	0,986571	0,856209	0,405576	0,158021
Índice Lei de Potência = 3,0. (n = 3)				
X	0,01	0,1	0,5	1,0
NA=3	0,987999	0,866689	0,425757	0,173588
NA=7	0,988245	0,866956	0,425930	0,173657
NA=9	0,988252	0,866967	0,425936	0,173660

Tabela 2. – Comparação da temperatura ao longo da linha central do duto, usando $Bi = 10^5$, $\Omega = 0,06491$, $a^* = 5 \times 10^{-5}$, $\Delta\theta(Y) = 1 - Y^2$ e índice Lei de Potência = 1. (n = 1)

X	0,01	0,1	0,5	1,0
PRESENTE TRABALHO	0,986571	0,856209	0,405576	0,158021
CHEROTO	0,9866	0,8562	0,4056	0,1580

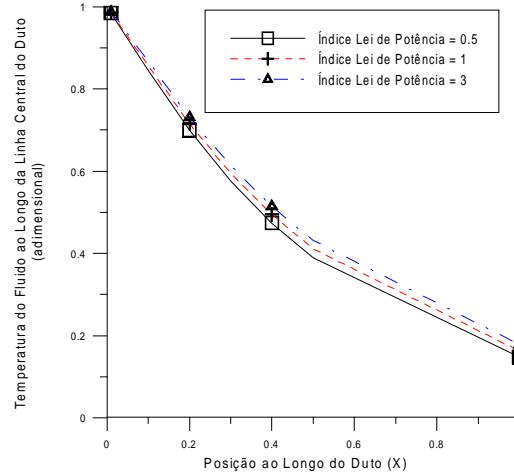
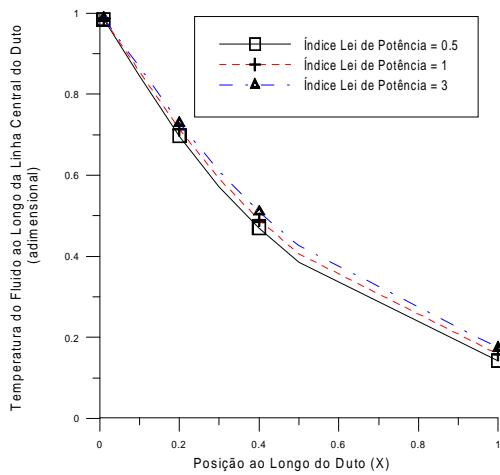
Tabela 3. - Resultados da temperatura ao longo da linha central do duto, usando $\Omega = 0,06491$, $a^* = 8,5 \times 10^{-30}$, $\Delta\theta(Y) = 1 - Y^2$, para 7 autovalores, diversos índices Lei de Potência e número de Biot

Número de Biot = 20				
X	0,01	0,1	0,5	1,0
n = 0,5	0,984979	0,847876	0,410675	0,165251
n = 1	0,986526	0,858957	0,430897	0,18097
n = 3	0,988125	0,869661	0,45043	0,196713
Número de Biot = 50				
X	0,01	0,1	0,5	1,0
n = 0,5	0,984969	0,846309	0,395351	0,151666
n = 1	0,986546	0,857409	0,416041	0,167264
n = 3	0,988186	0,868131	0,43605	0,182959
Número de Biot = 100				
X	0,01	0,1	0,5	1,0
n = 0,5	0,984966	0,845715	0,390007	0,147105
n = 1	0,986555	0,856827	0,410864	0,16265
n = 3	0,988214	0,86756	0,431043	0,178318

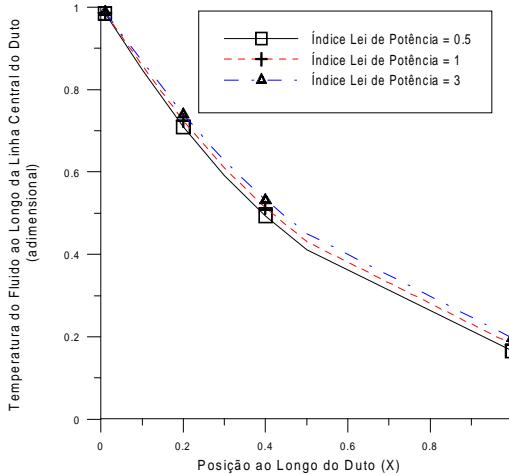
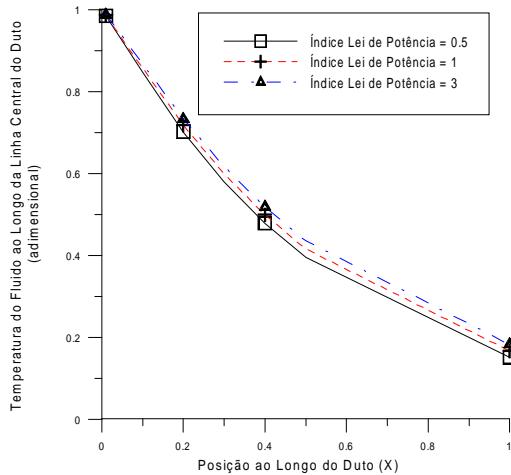
Continuação da Tabela 3.

Número de Biot = 1000				
X	0,01	0,1	0,5	1,0
n = 0,5	0,984963	0,845145	0,385093	0,14299
n = 1	0,986563	0,856271	0,406104	0,158482
n = 3	0,988242	0,867017	0,426442	0,174122

As Figuras a seguir mostram o comportamento da temperatura do fluido ao longo da linha central para os diversos índices Lei de Potência e número de Biot mostrados na Tab.(3). Notou-se que a medida em que o número de Biot cresce a temperatura do fluido ao longo da linha central tende a cair, e a medida em que o índice Lei de Potência aumenta a temperatura média ao longo do duto tende a crescer também.



Figuras 2 e 3 - Comparação da temperatura do fluido ao longo da linha central, usando $Bi = 1000$ e $Bi = 100$, $\Omega = 0,06491$, $a^* = 8,5 \times 10^{30}$, $\Delta\theta(Y) = 1 - Y^2$ para diversos índices Lei de Potência.



Figuras 4 e 5 - Comparação da temperatura do fluido ao longo da linha central, usando $Bi = 50$ e $Bi = 20$, $\Omega = 0,06491$, $a^* = 8,5 \times 10^{30}$, $\Delta\theta(Y) = 1 - Y^2$ para diversos índices Lei de Potência.

4. CONCLUSÃO

A Técnica da Transformada Integral Generalizada (GITT), utilizada neste trabalho mostrou-se eficiente na solução de problemas com o perfil de velocidade completamente desenvolvido, obtendo-se uma excelente concordância com os resultados obtidos por Cheroto (1998). Na análise foi considerado o efeito do índice Lei de Potência no comportamento da temperatura do fluido ao longo da linha central. Verificou-se também que em relação ao número de Biot, a variação da temperatura do fluido ao longo da linha central ao longo do duto é inversamente proporcional. Os resultados mostrados são de importância no estudo do comportamento de fluidos com características não-newtonianas na transferência de calor e escoamento de fluidos, principalmente para o setor petróleo e gás que está na busca de soluções para o campo de velocidade e temperatura do escoamento de fluidos deste tipo.

5. REFERÊNCIAS

- Cheroto, S., 1998, "Analysis of Unsteady Forced Convection in Channels by Integral Transform Technique and Experiments". Doctor Thesis, University of Miami, Coral Gables, FL, USA.
- Cotta, R. M., 1993, "Integral Transforms in Computational Heat and Fluid Flow", CRC Press, Boca Raton, FL, EUA.
- Cotta, R. M., and Mikhailov, M. D., 1997, "Heat Conduction – Lumped Analysis, Integral Transforms, Symbolic Computation", John Wiley & Sons. NY, EUA.
- Mikhailov, M. D., and Özisik, M. N., 1984 "Unified Analysis and Solutions of Heat and Mass Diffusion" John Wiley & Sons. NY, EUA.
- Santos, J.C., 2002, "Análise Teórica de Convecção Forçada Laminar Transiente com Entrada Térmica Periódica ", Dissertação de Mestrado, Universidade Federal da Paraíba , João Pessoa, PB, Brasil.
- Veronese, J.P., 2002, "Análise da Convecção Forçada Transiente em Canais de Placas Planas de Fluidos Não Newtoniano Usando o Modelo Lei de Potência Via G.I.T.T". Dissertação de Mestrado. Universidade Federal da Paraíba – UFPB. BRASIL.

6. DIREITOS AUTORAIS

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo do material impresso no seu trabalho.

7. NOMENCLATURA

a^*	Relação da capacidade térmica entre a parede e o fluido
Bi	Número de Biot
d	Metade da distância entre as placas planas paralelas, m
h_e	Coeficiente de transferência de calor
i	Número imário, $(-1)^{1/2}$
k_f	Condutividade térmica do fluido, W/(mk)
l	Espessura da parede, m
M_i	Norma do problema de autovalor do campo de temperatura
NA	Número de autovalores
n	Índice Lei de Potência
Pr	Número de Prandtl
R	Número de Reynolds
$T(x,y,t)$	Distribuição de temperatura ao longo do duto, $^{\circ}$ C
t	Tempo, s
$T(x, y, 0)$	Temperatura inicial, $^{\circ}$ C

u	Componente longitudinal do campo de velocidade, m/s
u_o	Velocidade inicial m/s
U	Componente longitudinal do campo de velocidade adimensional
x	Variável longitudinal, m
X	Variável longitudinal adimensional
y	Coordenada normal, m
Y	Coordenada normal adimensional
SÍMBOLOS GREGOS	
α	Difusividade térmica , m^2 /s
β	Freqüência de entrada
β_i	Autovalor do problema auxiliar do campo de temperatura no escoamento de placas paralelas
Γ	Autofunção do problema auxiliar do campo de temperatura

		SUBSCRITOS
v	Viscosidade cinemática	
Ω	Freqüência adimensional das oscilações de entrada	i, j, k Indica a ordem dos autovalores e funções afins
ρ	Densidade do fluido, kg/m^3	w Indica o valor da grandeza da parede
θ	Temperatura adimensional	f Indica o valor da grandeza do fluido de trabalho
τ	Tempo adimensional	
μ	Viscosidade dinâmica da solução	
δ_{ij}	Delta de Kronecker	∞ Indica o valor da grandeza no escoamento completamente desenvolvido.

FORCED LAMINAR CONVECTION OF NON-NEWTONIAN FLUID BY USING POWER-LAW: SOLUTION VIA GITT

Jean Pierre Veronese

(*) Laboratório de Energia Solar (LES) da UFPB, Cidade Universitária - Campus I, 58059-900, João Pessoa/PB, e-mail: jpveronese@ig.com.br

Jacques Cesar dos Santos

(*), e-mail: jacquescesarsantos@ig.com.br

Carlos A. Cabral dos Santos

(*), e-mail: cabral@les.ufpb.br

Romberg Rodrigues Gondim

(*), e-mail: romberg@les.ufpb.br

Abstract. In this work the forced convection in parallel plate channels is analytically studied in the developed flow of non-newtonian fluids with a senoidal variation of the temperature profile at the inlet position. The Generalized Integral Transform Technique is applied to provide a hybrid semi-analytical solution for energy equation. The energy equation is solved by consideration of a boundary conditions of fifth kind of where external convection effects and the wall capacitance are considered and next to obtain results of practical interests such as: centerline temperature fluid. To validate the solution procedure used as centerline temperature fluid are plotted as function of dimensionless axial positions and are compared with previously published results by Cheroto (1998).

Key Words: Convection Forced, GITT, Power-Law, Non-Newtonian fluid.