



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA DE CAMPINAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PETRÓLEO

Dissertação Apresentada à
Faculdade de Engenharia de Campinas
Como Requisito Parcial à Obtenção do
Título de Mestre em Engenharia de Petróleo

INTERPRETAÇÃO E AUTOMAÇÃO DE TESTES
DE DESLOCAMENTO MISCIVEL
USANDO SOLUÇÕES NO ESPAÇO DE LAPLACE E DECONVOLUÇÃO

*Este exemplar corresponde a redação final da Tese defendida
pelo Eng.º Ricardo Cunha Mattos Portella e aprovada pela comissão
julgadora em 22/03/89.*


DR. ANTONIO CLAUDIO DE FRANÇA CORRÊA

Autor: 
Ricardo Cunha Mattos Portella

Orientador: 
Antônio Cláudio de França Corrêa

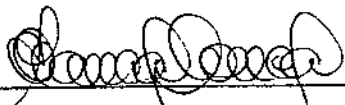
Março de 1989

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA DE CAMPINAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PETRÓLEO

A dissertação "Interpretação e Automação de Testes de Deslocamento Miscível Usando Soluções no Espaço de Laplace e Deconvolução", elaborada por Ricardo Cunha Mattos Portella e aprovada por todos os membros da Banca Examinadora foi aceita pela Sub-Comissão de Pós-Graduação em Engenharia de Petróleo como requisito parcial à obtenção do Título de Mestre em Engenharia de Petróleo.

Campinas, 22 de Março de 1989.

Banca Examinadora:



Antônio Cláudio de França Corrêa
Ph. D.



César Costapinto Santana
D. Sc.



Kelsen Valente Serra
Ph. D.

RESUMO

Experimentos de deslocamento miscível são realizados para se determinar a dispersão em meios porosos. Medidas da composição do fluido na saída do testemunho são interpretadas usando-se vários modelos. A equação da convecção-dispersão modela o fluxo miscível em testemunhos homogêneos. Os dados para testemunhos heterogêneos podem ser interpretados usando-se o modelo de Coats-Smith, o modelo das esferas porosas e o modelo de difusão transversa na matriz. Destes modelos o único que apresenta uma solução analítica simples é a equação da convecção-dispersão. Usualmente as equações dos modelos heterogêneos são resolvidas com métodos de diferenças finitas que tem associada a si uma dispersão numérica, a qual se soma à dispersão física no meio poroso. Assim, estes métodos necessitam corrigir esta dispersão numérica, o que faz com que eles fiquem muito lentos computacionalmente. Além disto, os métodos de ajuste de curva podem nos levar à respostas erradas se a estimativa inicial é muito diferente do conjunto de parâmetros que dão o melhor ajuste.

Esta dissertação apresenta uma nova metodologia para interpretar experimentos de deslocamento miscível. Os modelos heterogêneos são resolvidos invertendo-se numericamente as soluções destes modelos obtidas no espaço de Laplace. A inversão numérica é feita com o algoritmo de Crump¹ que, para esta classe de problemas, dá resposta exatas até a sexta casa decimal. A inversão numérica de transformadas de Laplace é virtualmente isenta de dispersão numérica. Como estimativa inicial do procedimento de ajuste de curva, o método utiliza valores obtidos por métodos gráficos, assegurando uma convergência mais rápida para o conjunto ótimo de parâmetros.

A aplicação dos métodos gráficos somente é possível para experimentos do tipo de injeção contínua. Para experimentos de injeção de banco os dados do efluente são deconvoluídos, isto é, os dados do efluente referentes à injeção de banco são transformados em dados equivalentes à uma injeção contínua. Assim, pode-se aplicar os métodos gráficos nos dados deconvoluídos.

Uma análise de vários experimentos de deslocamento miscível apresentados por Bretz e Orr² foi realizada com a metodologia aqui proposta, e os resultados obtidos comparado com os obtidos por estes autores. A metodologia provou ser mais rápida e precisa que os métodos usuais de interpretação.

Também foi montado um aparato experimental que coleta e envia os dados de concentração na saída do testemunho diretamente a um microcomputador permitindo assim um maior controle sobre o teste, uma maior confiabilidade dos dados obtidos e uma estimativa dos parâmetros de deslocamento miscível enquanto se processa o teste.

ABSTRACT

Miscible displacement experiments are carried out to compute the amount of mixing in porous media. Effluent composition measurements are interpreted using various models. The convection-dispersion equation models the mixing behavior in homogeneous cores. The data for heterogeneous cores can be interpreted using the Coats-Smith model, the Porous Sphere model and the Transverse Matrix Diffusion model. Of these models the only one that presents a simple analytical solution is the convection-dispersion model. Usually the equations for the heterogeneous models are solved by finite difference methods which result in inherent numerical dispersion in addition to the actual physical dispersion. Thus, these methods must correct for the numerical dispersion, what make them too slow to compute. Besides that, the curve fitting methods can lead to uncertain answers if the initial guess is much different from the set of parameters that gives the best fit.

This paper presents a new methodology to interpret miscible displacement experiments. The heterogeneous models are solved by numerically inverting the solutions for these models obtained in Laplace domain. The numerical inversion is done by the Crump's algorithm, which for this class of problems, gives exact answers up to six figures. The numerical inversion of Laplace transforms is virtually free from numerical dispersion. As initial guess of the curve fitting procedure, the method utilizes values obtained by graphical methods, ensuring a faster convergency to the optimal set of parameters.

The application of the graphical methods is only possible for a step change injection experiment. For slug injection experiments the effluent data are deconvolved, that is, the effluent data of the slug injection is transformed in the equivalent effluent data of a step change injection. Thus, we can apply the graphical methods on the deconvolved data.

An analysis of various experiments published on literature was carried out by the proposed methods herein and the results compared with literature's results. The methodology

proved to be faster and more accurate than the usual methods of interpretation.

Usually, in miscible displacement experiments only the effluent composition is measured supposing that a perfect step change or slug is injected at core inlet. As shown the experiments presented in this paper there is a dispersion of the front before it enters on the core. That changes the behavior of the outlet composition profile leading us to make uncertain interpretations. We can avoid that by doing measurements of fluid composition on inlet and outlet of the core and then apply the deconvolution method on these data to obtain the equivalent response to a step change.

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Dr. Antônio Cláudio de França Corrêa, pela sugestão do tema desta dissertação e por toda ajuda dispensada.

A Dra. Maria Cristina Cunha Bezerra pela idéia fundamental do método de deconvolução apresentado neste trabalho.

A todo pessoal do CENPES/DIGER/SEMES e CENPES/DIGER/SEGEX cuja colaboração foi essencial para a execução do experimento de automação de testes de deslocamento miscível.

A todas pessoas que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

ÍNDICE

PÁGINA DE APROVAÇÃO	ii
RESUMO	iii
ABSTRACT	v
AGRADECIMENTOS	vii
ÍNDICE	viii
LISTA DE FIGURAS	x
LISTA DE TABELAS	xii
1 - INTERPRETAÇÃO DE TESTES DE DESLOCAMENTO MISCIVEL USANDO SOLUÇÕES NO ESPAÇO DE LAPLACE E DECONVOLUÇÃO	1
1.1 - Introdução	2
1.2 - Descrição da Teoria e Definições	6
1.2.1 - Modelo Homogêneo	6
1.2.2 - Modelo Coats-Smith	10
1.2.3 - Modelo das Esferas Porosas	12
1.2.4 - Modelo de Difusão Transversa na Matriz	14
1.2.5 - Interpretação Gráfica	15
1.2.5.1 - Procedimento padrão para estimar parâmetros de deslocamento miscível por métodos gráficos	25
1.2.6 - Deconvolução	25
1.2.7 - Ajuste Não-Linear	32
1.3 - Interpretação de Resultados	37
1.4 - Conclusões	52
2 - AUTOMAÇÃO DE TESTES DE DESLOCAMENTO MISCIVEL	53
2.1 - Introdução	54
2.2 - Descrição da Experiência	55
2.2.1 - Sistema de Fluxo	55
2.2.2 - Métodos de Medição	57
2.2.2.1 - Medida de concentração com eletrodos sensíveis a íons	57
2.2.2.2 - Medida de condutividade controlada por microcomputador	60
2.2.2.3 - Medida de condutividade com condutivímetro comercial	62
2.2.3 - Testemunhos Utilizados	63

2.2.3 - Testemunhos Utilizados	63
2.3 - Programa de Coleta e Interpretação de Dados (COLINTER)	66
2.4 - Resultados	70
2.5 - Conclusões e Recomendações	88
3 - NOMENCLATURA	90
4 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	93
APÊNDICE A - Algoritmo de Crump	97
APÊNDICE B - Concentração Dinâmica	100
APÊNDICE C - Gráficos dos dados deconvoluídos	102
APÊNDICE D - Gráficos dos testes do experimento de automação ..	109
APÊNDICE E - Dados dos testes do experimento de automação	151
APÊNDICE F - Listagem do programa COLINTER	232
APÊNDICE G - Listagem do programa de interpretação	247

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 - Teste de Injeção Contínua	3
Figura 1.2 - Teste de Injeção de Banco	3
Figura 1.3 - Esquema do Modelo de Coats-Smith	9
Figura 1.4 - Esquema do Modelo das Esferas Porosas	9
Figura 1.5 - Esquema do Modelo de Difusão Transversa na Matriz	9
Figura 1.6 - Solução da Equação da Convecção-Dispersão - gráfico $\text{erf}^{-1}(2F_D - 1) \times U$	17
Figura 1.7 - Solução da Equação da Convecção-Dispersão - gráfico $\sqrt{\tau} \text{erf}^{-1}(2F_D - 1) \times \tau$	17
Figura 1.8 - Influência do Termo $\exp(P_0) \text{erfc} \left[\frac{1 + \tau}{2\sqrt{\tau/P_0}} \right]$	18
Figura 1.9 - Comportamento de Meio Poroso Heterogêneo	18
Figura 1.10 - Influência do Parâmetro a	21
Figura 1.11 - Influência do Parâmetro P_{0a}	21
Figura 1.12 - Influência do Parâmetro P_{0t}	22
Figura 1.13 - Determinação de P_{0c}	22
Figura 1.14 - Representação de uma função qualquer, $f(t)$, por uma série de funções degrau	27
Figura 1.15 - Funções para o Exemplo de Deconvolução	30
Figura 2.1 - Esquema do Experimento de Deslocamento Miscível .	56
Figura 2.2 - Esquema da Medida de Condutividade Controlada pelo Microcomputador	61
Figura 2.3 - Circuito Elétrico Representativo da fig. 2.2	61
Figura 2.4 - Fluxograma do Programa COLINTER	68
Figura 2.5 - Tela Principal do Programa COLINTER	69
Figura 2.6 - Gráfico $F_D \times$ Tempo (min) - testes 2 a 5	72
Figura 2.7 - Gráfico $F_D \times$ Tempo (min) - testes 1R a 5R.....	72
Figura 2.8 - Gráfico $F_D \times$ Tempo (min) - testes 6 a 9	73
Figura 2.9 - Gráfico Leitura Digital \times Tempo (min) - teste 12	75
Figura 2.10 - Gráfico Leitura Digital Suavizada \times Tempo (min) - teste 12	75
Figura 2.11 - Gráfico Concentração (ppm) \times Tempo (min) - teste 12	76
Figura 2.12 - Gráfico Concentração (ppm) Suavizada \times Tempo (min)	76

1 - INTERPRETAÇÃO DE TESTES DE DESLOCAMENTO MISCÍVEL USANDO
SOLUÇÕES NO ESPAÇO DE LAPLACE E DECONVOLUÇÃO

1.1 - Introdução

Um teste de deslocamento miscível em testemunhos no laboratório consiste em se deslocar um fluido de concentração C_0 , que inicialmente satura o testemunho por completo, com um fluido miscível de concentração C_1 . A injeção pode ser contínua ou de banco (Figuras 1.1 e 1.2). A partir da análise da concentração do fluido na saída do testemunho, pode-se obter os parâmetros que descrevem o fluxo miscível naquele meio poroso, e pode-se, também caracterizar heterogeneidades do meio poroso na escala do laboratório.

Nos testes de deslocamento miscível em testemunhos no laboratório o fluxo é descrito, quando o meio poroso é homogêneo, pela equação da convecção-dispersão em uma dimensão:

$$D \frac{\delta^2 C}{\delta x^2} - u \frac{\delta C}{\delta x} = \frac{\delta C}{\delta t} \dots\dots(1)$$

Para a descrição do fluxo miscível em meios porosos heterogêneos existem três modelos. São eles o modelo de Coats-Smith, o das esferas porosas e o de difusão transversa na matriz, cujas equações são mostradas abaixo:

Coats-Smith:

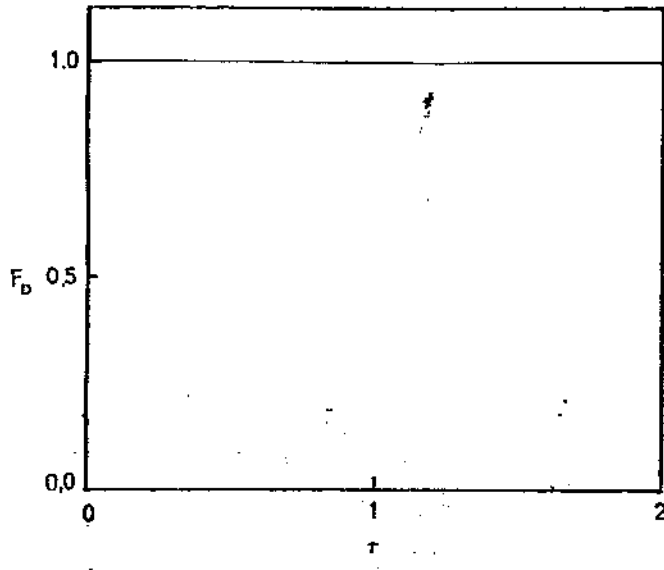
$$D \frac{\delta^2 C}{\delta x^2} - u \frac{\delta C}{\delta x} = f \frac{\delta C}{\delta t} + (1-f) \frac{\delta C^*}{\delta t} \dots\dots(2a)$$

$$(1-f) \frac{\delta C^*}{\delta t} = K (C - C^*) \dots\dots(2b)$$

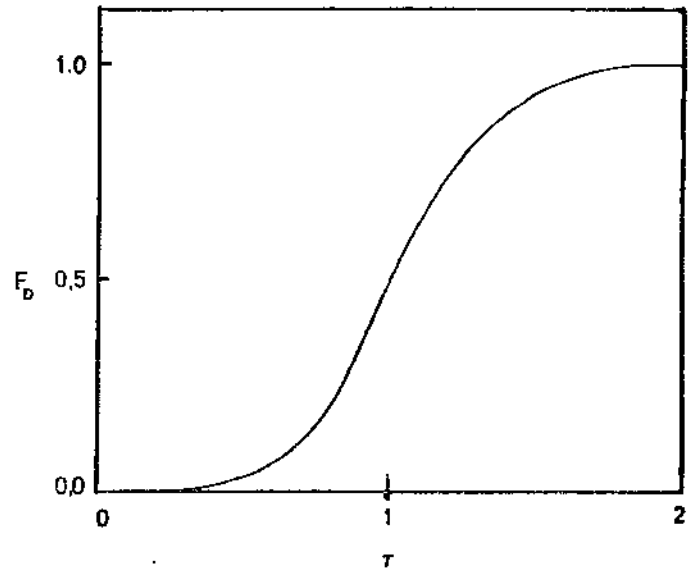
Esferas Porosas:

$$D \frac{\delta^2 C}{\delta x^2} - u \frac{\delta C}{\delta x} = f \frac{\delta C}{\delta t} + (1-f) \frac{3 D_s}{r_s^3} \left[r^2 \frac{\delta C^*}{\delta r} \right]_{r=r_s} \dots\dots(3a)$$

$$\frac{\delta^2 C^*}{\delta r^2} + \frac{2}{r} \frac{\delta C^*}{\delta r} = \frac{1}{D_s} \frac{\delta C^*}{\delta t} \dots\dots(3b)$$

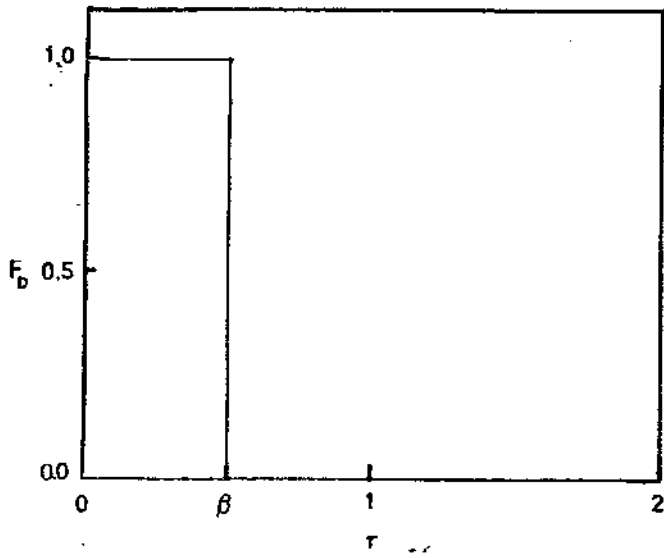


Concentração na Entrada

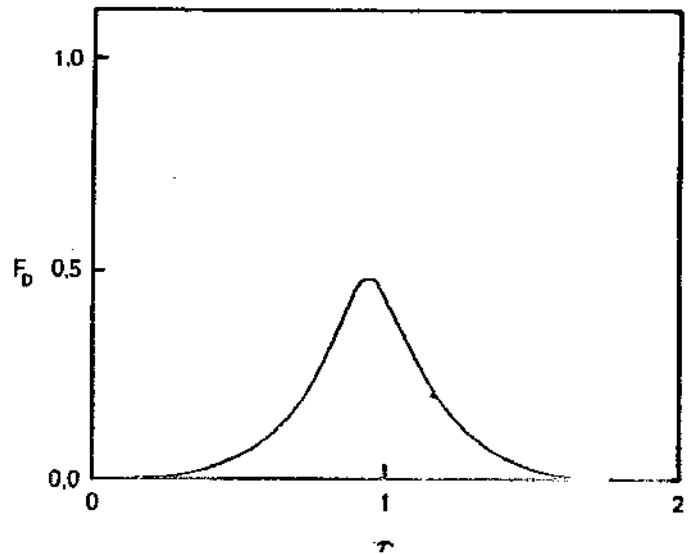


Concentração na Saída

fig.1.1- Teste de Injeção Contínua



Concentração na Entrada



Concentração na Saída

fig.1.2- Teste de Injeção de Banco

Difusão Transversa na Matriz:

$$D \frac{\delta^2 C}{\delta x^2} - u \frac{\delta C}{\delta x} = f \frac{\delta C}{\delta t} - (1-f) \frac{Dt}{ht} \left[\frac{\delta C^*}{\delta z} \right]_{z=0} \dots\dots(4a)$$

$$\frac{\delta^2 C^*}{\delta z^2} = \frac{1}{Dt} \frac{\delta C^*}{\delta t} \dots\dots(4b)$$

Em todos estes modelos existem alguns parâmetros (D, f, Ds, Dt, rs, ht) que são característicos de cada meio poroso. Com os resultados do teste é possível a determinação destes parâmetros.

Usualmente faz-se um ajuste não-linear dos dados do teste com as soluções dos modelos, que normalmente são obtidas resolvendo-se as equações numericamente por meio de diferenças finitas. Esta metodologia de cálculo, no entanto apresenta uma desvantagem devido à dispersão numérica inerente ao processo de diferenças finitas. É claro que pode-se remediar este problema usando esquemas explícitos de diferenças finitas, mas a solução neste caso traz como inconveniente o aumento do tempo de análise dos dados, tornando assim o processo de interpretação muito demorado. Além deste problema, se a estimativa inicial dos parâmetros estiver muito distante dos valores que dão o melhor ajuste, o método de ajuste não-linear pode não convergir, demorar muito para alcançar a convergência ou convergir para um valor sem significado físico.

Com o intuito de contornar esses problemas desenvolveu-se uma nova metodologia para interpretação de testes de deslocamento miscível. Basicamente o que se faz é encontrar a solução analítica no campo de Laplace para os vários modelos (com excessão do modelo homogêneo para o qual existe uma solução simples no campo temporal), e utilizar-se destas soluções no método de ajuste não-linear, invertendo-as numericamente com o algoritmo de Crump⁴. Ao contrário das diferenças finitas a inversão numérica de transformadas de Laplace apresenta níveis de dispersão numérica desprezíveis.

Como uma primeira estimativa a ser usada no método de ajuste não-linear tomam-se os valores obtidos através de métodos gráficos^{3,4}, garantindo assim que a estimativa inicial é próxima dos valores que dão o melhor ajuste. Estes métodos gráficos só

podem ser utilizados quando o teste é do tipo de injeção contínua. Como muitos dos testes de deslocamento miscível são do tipo de injeção de banco, a metodologia ficaria limitada a um número muito pequeno de testes. Assim, baseando-se nas fórmulas de Duhamel⁵, foi desenvolvido um método que transforma a resposta de um teste de injeção de banco na resposta equivalente do teste contínuo, permitindo a aplicação dos métodos gráficos para se determinar as estimativas iniciais.

Usando esta metodologia encontram-se os valores dos parâmetros e seus respectivos intervalos de confiança para os vários modelos, e com base nestas informações e na análise geológica do testemunho, determina-se qual o modelo que melhor descreve o fluxo miscível no mesmo.

1.2 - Descrição da teoria e definições

Nesta seção são apresentados com mais detalhes os modelos matemáticos que descrevem o fluxo miscível, os métodos gráficos utilizados para a estimativa inicial, o algoritmo utilizado para a deconvolução, e finalmente, é descrito resumidamente o método de ajuste não-linear utilizado.

Antes de iniciar a descrição dos modelos definir-se-á algumas variáveis adimensionais que serão utilizadas a partir de agora:

$$\xi = \frac{x}{L} \dots\dots(5)$$

$$\tau = \frac{u t}{L} \dots\dots(6)$$

$$P_e = \frac{u L}{D} \dots\dots(7)$$

$$C_D = \frac{C(x,t) - C_0}{C_1 - C_0} \dots\dots(8)$$

$$a = \frac{K L}{u} \dots\dots(9)$$

$$P_{es} = \frac{r_s^2 u}{D_s L} \dots\dots(10)$$

$$r_D = \frac{r}{r_s} \dots\dots(11)$$

$$P_{et} = \frac{h t^2 u}{D t L} \dots\dots(12)$$

$$z_D = \frac{z}{h t} \dots\dots(13)$$

1.2.1 - Modelo Homogêneo (equação da Convecção-Dispersão)

Escrevendo-se a eq.(1) em termos das variáveis adimensionais descritas acima, tem-se:

$$\frac{\delta^2 C_D}{\delta \xi^2} - P_e \frac{\delta C_D}{\delta \xi} = P_e \frac{\delta C_D}{\delta \tau} \dots\dots(14)$$

Esta equação supõe fluxo linear, incompressível, isotérmico, fluidos perfeitamente miscíveis, inexistência de efeitos viscosos e gravitacionais. Todas estas condições podem ser obtidas em laboratório. Além disto considerar-se-á a velocidade de escoamento (u) e o coeficiente de dispersão (D) constantes. Desta maneira, consegue-se isolar os efeitos de dispersão em meios porosos de outros efeitos.

Para se obter uma solução particular da eq.(14)

precisa-se definir as condições de contorno. Para um teste do tipo de injeção contínua, tem-se que:

$$C_D(\xi, 0) = 0, \xi \geq 0 \dots\dots(15)$$

$$C_D(\infty, \tau) = 0, \tau > 0 \dots\dots(16)$$

$$C_D(0, \tau) = 1 + \frac{1}{Pe} \frac{\delta C_D}{\delta \xi}, \tau > 0 \dots\dots(17) \text{ (veja apêndice B)}$$

Aplicando-se a transformada de Laplace à eq.(14), vem que:

$$\frac{\delta^2 \bar{C}_D}{\delta \xi^2} - Pe \frac{\delta \bar{C}_D}{\delta \xi} = Pe s \bar{C}_D \dots\dots(18)$$

Resolvendo-se a eq.(18), que é uma equação diferencial ordinária de 2º grau de coeficientes constantes, chega-se ao seguinte resultado no campo de Laplace:

$$\bar{C}_D(\xi, s) = \frac{2 Pe}{s \left[Pe + \sqrt{Pe^2 + 4 Pe s} \right]} \exp \left[\left(Pe - \sqrt{Pe^2 + 4 Pe s} \right) \frac{\xi}{2} \right] \dots\dots(19)$$

Por definição a concentração dinâmica, que é a medida em laboratório (veja apêndice B), é:

$$F_D(\xi, \tau) = C_D(\xi, \tau) - \frac{1}{Pe} \frac{\delta C_D}{\delta \xi} \dots\dots(20)$$

Transformando-se a eq.(20) por Laplace, tem-se:

$$\bar{F}_D(\xi, s) = \bar{C}_D(\xi, s) - \frac{1}{Pe} \frac{\delta \bar{C}_D}{\delta \xi} \dots\dots(21)$$

Substituindo-se a eq.(19) na eq.(21) chega-se a:

$$\bar{F}_D(\xi, s) = \frac{\exp\left[\left(Pe - \sqrt{Pe^2 + 4Pe s}\right) \frac{\xi}{2}\right]}{s} \dots\dots(22)$$

que será a fórmula básica da solução de todos os modelos. No caso particular do modelo homogêneo a eq.(22) pode ser invertida analiticamente, e o resultado é o seguinte:

$$F_D(\xi, \tau) = \frac{1}{2} \left[\operatorname{erfc}\left(\frac{\xi - \tau}{2\sqrt{\tau/Pe}}\right) + \exp(Pe \xi) \operatorname{erfc}\left(\frac{\xi + \tau}{2\sqrt{\tau/Pe}}\right) \right] \dots\dots(23)$$

Quando $x = L$ tal que $\xi = 1$ e a eq.(23) se reduz a:

$$F_D(1, \tau) = \frac{1}{2} \left[\operatorname{erfc}\left(\frac{1 - \tau}{2\sqrt{\tau/Pe}}\right) + \exp(Pe) \operatorname{erfc}\left(\frac{1 + \tau}{2\sqrt{\tau/Pe}}\right) \right] \dots\dots(24)$$

Para se obter a solução para uma injeção de banco recorre-se às fórmulas de Duhamel:

$$y(t) = \int_0^t A'(t-\lambda) f(\lambda) d\lambda \dots\dots(25)$$

onde $y(t)$ é a resposta do sistema a uma excitação $f(t)$ e $A(t)$ é a resposta do sistema a uma excitação do tipo degrau unitário ($\mathcal{U}(t)=1$ para $t>0$ e $\mathcal{U}(t)=0$ para $t<0$). Transformando-se por Laplace a eq.(25), tem-se:

$$\bar{Y}(s) = s \bar{A}(s) \bar{F}(s) \dots\dots(26)$$

No caso $y(t)$ é a resposta a uma injeção de banco, $f(t)$ corresponde ao banco de fluido injetado que pode ser representado por uma combinação de funções degrau unitário ($\mathcal{U}(\tau) - \mathcal{U}(\tau-\beta)$, onde β é o tamanho do banco), e $A(t)$ corresponde a eq.(23). Levando-se estes valores para a eq.(26), tem-se:

$$\bar{F}_D(\xi, s) = s \frac{\exp\left[\left(Pe - \sqrt{Pe^2 + 4Pe s}\right) \frac{\xi}{2}\right]}{s} \frac{(1 - \exp(\beta s))}{s} \dots\dots(27)$$

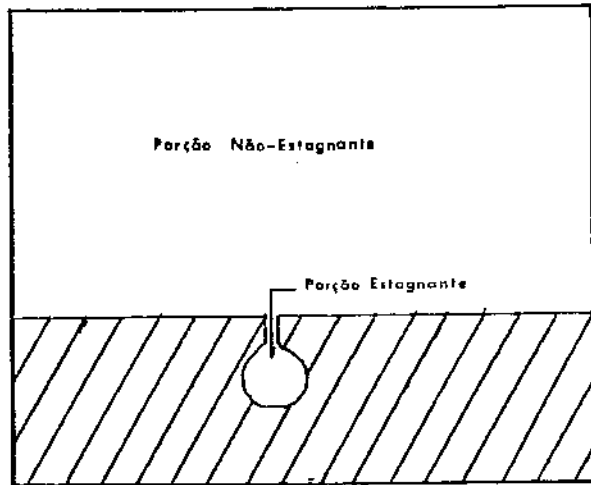


fig.1.3 Esquema do Modelo de Coats-Smith

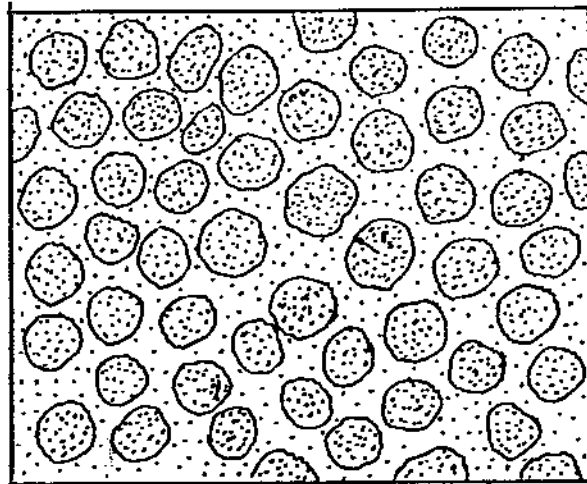


fig.1.4 Esquema do Modelo das Esferas Porosas

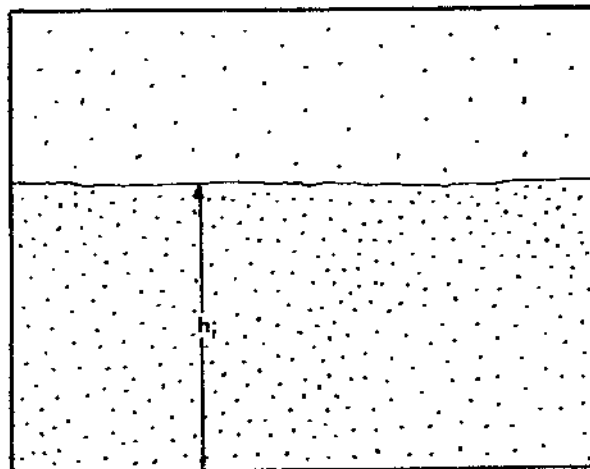


fig.1.5 Esquema do Modelo de Difusão Transversa na Matriz

$$\bar{F}_D(\xi, s) = (1 - \exp(\beta s)) \frac{\exp\left[\left(\frac{Pe - \sqrt{Pe^2 + 4 Pe s}}{s}\right) \xi\right]}{s} \quad \dots\dots(28)$$

Nota-se pela eq.(28) que a resposta a uma injeção de banco no campo de Laplace é igual à resposta a uma injeção contínua vezes o termo $(1 - \exp(\beta s))$. Invertendo-se (28) para o campo temporal, tem-se:

$$F_D(\xi, \tau) = A(\xi, \tau) - \mathcal{U}(\tau - \beta) A(\xi, \tau - \beta) \quad \dots\dots(29)$$

onde $A(\xi, \tau)$ corresponde a eq.(23).

1.2.2 - Modelo de Coats-Smith

Este modelo foi proposto por Coats e Smith⁶ em 1964 a partir de idéias apresentadas por Deans⁷. Ele também é chamado de modelo de capacitância ou modelo do poro sem saída (dead-end pore model), pois ele supõe que existam porções no volume poroso em que não haja escoamento ou que ele se dê muito mais lentamente que no restante do volume de poros. Assim, atrás da frente de deslocamento, ainda existirão porções do volume poroso que conterão fluido com concentração inicial e que irão trocando massa lentamente com a corrente de escoamento, originando o aspecto assimétrico e alongado da curva de concentração na saída, característico de meios porosos heterogêneos.

Adimensionalizando as eq.(2a) e (2b) tem-se:

$$\frac{\delta^2 C_D}{\delta \xi^2} - Pe \frac{\delta C_D}{\delta \xi} = Pe f \frac{\delta C_D}{\delta \tau} + (1 - f) Pe \frac{\delta C_D^*}{\delta \tau} \quad \dots\dots(30a)$$

$$(1-f) \frac{\delta C_D^*}{\delta \tau} = a (C_D - C_D^*) \quad \dots\dots(30b)$$

Se a velocidade de escoamento for muito lenta, poder-se-á não notar os efeitos de assimetria na curva de concentração na saída, pois a taxa de transferência de massa entre as porções estagnante $(1-f)$ e não estagnante (f) do meio poroso será muito elevada, isto é, o grupo adimensional "a" seria muito grande e o

modelo se reduziria ao modelo homogêneo.

O sistema das eq.(30) tem solução analítica⁶, mas ela é bastante complexa e difícil de se manipular numericamente, tendo-se optado por inverter numericamente a solução obtida no campo de Laplace.

Como no caso anterior, o modelo de Coats-Smith será resolvido para uma injeção contínua. Para isto precisa-se das condições (15), (16) e (17), mais a condição abaixo:

$$C_D^*(\xi, 0) = 0, \dots (31)$$

Aplicando-se a transformada de Laplace às eq.(30) tem-se:

$$\frac{\delta^2 \bar{C}_D}{\delta \xi^2} - Pe \frac{\delta \bar{C}_D}{\delta \xi} = Pe f s \bar{C}_D + (1 - f) Pe s \bar{C}_D^* \dots (32)$$

$$(1 - f) s \bar{C}_D^* = a (\bar{C}_D - \bar{C}_D^*) \dots (33)$$

Rearranjando-se os termos da eq.(33), tem-se:

$$C_D^* = \frac{a}{a + (1 - f) s} C_D \dots (34)$$

Substituindo (34) em (32) chega-se a:

$$\frac{\delta^2 \bar{C}_D}{\delta \xi^2} - Pe \frac{\delta \bar{C}_D}{\delta \xi} = Pe s g(s) \bar{C}_D \dots (35)$$

$$\text{onde, } g(s) = f + \frac{a(1 - f)}{a + (1 - f) s} \dots (36)$$

Nota-se que a eq.(35) é idêntica a eq.(18) com excessão do termo g(s). Seguindo os passos da análise anterior tem-se que:

$$\bar{F}_D(\xi, s) = \frac{\exp \left[\left(Pe - \sqrt{Pe^2 + 4 Pe g(s) s} \right) \frac{\xi}{2} \right]}{s} \dots (37)$$

Como foi visto anteriormente para se obter a resposta a

uma injeção de banco, basta que se multiplique a eq.(37) pelo termo $(1 - \exp(\beta s))$:

$$\bar{F}_D(\xi, s) = (1 - \exp(\beta s)) \frac{\exp\left[\left(\frac{Pe - \sqrt{Pe^2 + 4 Pe g(s) s}}{s}\right) \frac{x}{2l}\right]}{s} \dots\dots(38)$$

1.2.3 - Modelo das Esferas Porosas

Este modelo^{2,8,9}, é muito semelhante ao modelo de Coats-Smith, sendo que ele também supõe o meio poroso dividido em uma fração onde há escoamento e uma fração onde não há escoamento, existe porém a troca de massa entre as frações. Aqui a porção estagnante do meio poroso é constituído de esferas também porosas, mas de menor permeabilidade que a da porção por onde o escoamento se processa, sendo que a troca de massa ocorre por difusão no interior das esferas do fluido que escoam entre as esferas.

A forma adimensionalizada das eq.(3) é:

$$\frac{\delta^2 C_D}{\delta \xi^2} - Pe \frac{\delta C_D}{\delta \xi} = Pe f \frac{\delta C_D}{\delta \tau} + (1 - f) 3 \frac{Pe}{Pes} \left[r_D^2 \frac{\delta C_D^*}{\delta r_D} \right]_{r_D=1} \dots\dots(39a)$$

$$\frac{\delta^2 C_D^*}{\delta r_D^2} + \frac{2}{r_D} \frac{\delta C_D^*}{\delta r_D} = Pes \frac{\delta C_D^*}{\delta \tau} \dots\dots(39b)$$

Para resolver este sistema de equações para a injeção contínua são necessárias mais duas condições de contorno e uma condição inicial, além das condições (15), (16) e (17):

$$C_D^*(r_D, \xi, 0) = 0 \dots\dots(40)$$

$$\left[r_D^2 \frac{\delta C_D^*}{\delta r_D} \right]_{r_D=0} = 0 \dots\dots(41)$$

$$C_D^*(1, \xi, \tau) = C_D(\xi, \tau) \dots\dots(42)$$

Aplicando-se a transformada de Laplace as eq.(39), tem-se:

$$\frac{\delta^2 \bar{C}_D}{\delta \xi^2} - Pe \frac{\delta \bar{C}_D}{\delta \xi} = Pe f s \bar{C}_D + (1-f) 3 \frac{Pe}{Pe_B} \left[r_D^2 \frac{\delta \bar{C}_D^*}{\delta r_D} \right]_{r_D=1} \dots (43)$$

$$\frac{\delta^2 \bar{C}_D^*}{\delta r_D^2} + \frac{2}{r_D} \frac{\delta \bar{C}_D^*}{\delta r_D} = Pe s \bar{C}_D^* \dots (44)$$

Usando a seguinte transformação de variável $y = \sqrt{s Pe} r_D$ na eq.(44), chegamos a eq.(45) que é uma equação diferencial de Bessel do tipo esférica:

$$y^2 \frac{\delta^2 \bar{C}_D^*}{\delta y^2} + 2y \frac{\delta \bar{C}_D^*}{\delta y} - y^2 \bar{C}_D^* = 0 \dots (45)$$

Resolvendo-se a eq.(45) com as pertinentes condições de contorno e colocando a resposta em função de r_D , tem-se que:

$$\bar{C}_D^*(r_D, \xi, s) = \frac{\bar{C}_D}{\sinh(\sqrt{s Pe} r_D)} \frac{\sinh(\sqrt{s Pe} r_D)}{r_D} \dots (46)$$

Substituindo (46) em (43), resulta:

$$\frac{\delta^2 \bar{C}_D}{\delta \xi^2} - Pe \frac{\delta \bar{C}_D}{\delta \xi} = Pe s g(s) \bar{C}_D \dots (47)$$

onde, $g(s) = f + (1-f) \frac{3}{s Pe_B} \left[\sqrt{s Pe} \coth(\sqrt{s Pe} r_D) - 1 \right]$
(48)

Como no caso do modelo de Coats-Smith a eq.(47) é idêntica a eq.(18) a menos do termo $g(s)$. Então, seguindo-se os mesmos passos do modelo anterior chega-se à resposta dada (eq.(37)), ficando a diferença por conta da função $g(s)$. O mesmo pode-se dizer quanto à resposta a uma injeção de banco.

1.2.4 - Modelo de Difusão Transversa na Matriz

O modelo de difusão transversa na matriz⁴ é basicamente uma modificação do modelo das esferas porosas onde a parte estagnante do meio poroso é constituída por uma camada disposta longitudinalmente à direção do escoamento, e a troca de massa se dá por difusão entre as duas porções do volume poroso (estagnante e não estagnante) na direção transversa ao escoamento. Este modelo é mais adequado para descrever heterogeneidades em escala de reservatório.

As eq.(4a) e (4b) na forma adimensional ficam:

$$\frac{\delta^2 C_D}{\delta \xi^2} - Pe \frac{\delta C_D}{\delta \xi} = Pe f \frac{\delta C_D}{\delta \tau} - (1 - f) \frac{Pe}{Pe_t} \left[\frac{\delta C_D^*}{\delta z_D} \right]_{z_D=0}$$

.....(49a)

$$\frac{\delta^2 C_D^*}{\delta z_D^2} = Pe_t \frac{\delta C_D^*}{\delta \tau} \quad \text{.....(49b)}$$

Seguindo a mesma filosofia das análises anteriores precisa-se de mais três condições, além das condições (15),(16) e (17), para se resolver as eq.(49) para um teste de injeção contínua, as quais são:

$$C_D^*(z_D, \xi, 0) = 0 \quad \text{.....(50)}$$

$$\left[\frac{\delta C_D^*}{\delta z_D} \right]_{z_D=1} = 0 \quad \text{.....(51)}$$

$$C_D^*(0, \xi, \tau) = C_D(\xi, \tau) \quad \text{.....(52)}$$

Aplicando-se a transformada de Laplace ao problema tem-se:

$$\frac{\delta^2 \bar{C}_D}{\delta \xi^2} - P_e \frac{\delta \bar{C}_D}{\delta \xi} = P_e f s \bar{C}_D - (1-f) \frac{P_e}{P_{et}} \left[\frac{\delta \bar{C}_D^*}{\delta z_D} \right]_{z_D=0} \dots (53)$$

$$\frac{\delta^2 \bar{C}_D^*}{\delta z_D^2} = P_{et} s \bar{C}_D^* \dots (54)$$

Resolvendo a eq.(54), tem-se que:

$$\bar{C}_D^*(z_D, \xi, s) = \bar{C}_D \left[\cosh(\sqrt{s P_{et}} z_D) - \tanh(\sqrt{s P_{et}}) \sinh(\sqrt{s P_{et}} z_D) \right] \dots (55)$$

Substituindo (55) em (53), chega-se a:

$$\frac{\delta^2 \bar{C}_D}{\delta \xi^2} - P_e \frac{\delta \bar{C}_D}{\delta \xi} = P_e s g(s) \bar{C}_D \dots (56)$$

onde, $g(s) = f - (1-f) \frac{\tanh(\sqrt{s P_{et}})}{\sqrt{s P_{et}}} \dots (57)$

Pela análise da eq.(56) vê-se que todas as considerações feitas para o modelo de Coats-Smith e das esferas porosas valem neste caso também.

Pela forma das soluções no campo de Laplace, os modelos heterogêneos devem fornecer respostas muito parecidas, o que efetivamente ocorre. Então a escolha de um ou outro modelo vai depender da análise geológica do meio poroso em questão.

1.2.5 - Interpretação Gráfica

Um método regularmente usado para a interpretação de testes de deslocamento miscível em laboratório consiste em se grafar os dados de concentração na saída do testemunho versus $(\tau-1)/\sqrt{\tau}$ (ou simplesmente função U) em um papel de escala de probabilidade. Se o meio poroso for homogêneo o gráfico deve produzir uma linha reta. Como há uma relação direta entre a função de probabilidade normal e a função erro complementar

($PC\sqrt{2^{-x}} = 0.5 \operatorname{erfc}^{-1}(-x)$), e verificando-se a solução da eq. da convecção-dispersão, pode se esperar este resultado. Então pode-se realizar uma análise que torne este método mais adequado face aos atuais recursos computacionais.

Analisando a eq.(24) vê-se que o segundo termo desta equação é desprezível, comparado com o valor do primeiro termo. Logo pode-se aproximar tal por:

$$F_D(1, \tau) = \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \left(\frac{1 - \tau}{2\sqrt{\tau/Pe}} \right) \dots\dots(58)$$

Como $\operatorname{erfc}(x) = 1 - \operatorname{erf}(x)$, e rearranjando-se os termos de (58) tem-se:

$$2 F_D(1, \tau) - 1 = - \operatorname{erf} \left(\frac{1 - \tau}{2\sqrt{\tau/Pe}} \right) \dots\dots(59)$$

Da eq.(59) vem que:

$$\operatorname{erf}^{-1}(2 F_D(1, \tau) - 1) = \frac{\sqrt{Pe}}{2} \frac{(\tau - 1)}{\sqrt{\tau}} \dots\dots(60)$$

Então um gráfico de $\operatorname{erf}^{-1}(2 F_D(1, \tau) - 1) \times U$ dará uma reta com inclinação $\sqrt{Pe}/2$ (Fig.1.6). Vê-se pela eq.(60) que um gráfico de $\sqrt{\tau} \operatorname{erf}^{-1}(2 F_D(1, \tau) - 1) \times \tau$, também produzirá uma reta com inclinação $\sqrt{Pe}/2$ (Fig.1.7), e todas as análises também podem ser feitas a partir deste outro gráfico.

Para valores pequenos de Pe (≤ 10) o segundo termo da eq.(24) não é desprezível, mas analisando a Figura 1.8, o que ocorre é um deslocamento da reta para cima mantendo-se praticamente a mesma inclinação. Por causa deste efeito, pode-se dizer que em qualquer teste de deslocamento miscível de injeção contínua a concentração na saída para 1 volume poroso injetado sempre será maior que 0,5 C_1 .

Para meios porosos não homogêneos um gráfico deste tipo não apresenta um comportamento linear, sendo típicos comportamentos como o da Figura 1.9. A pergunta é como se pode determinar os parâmetros dos modelos a partir deste gráfico. A resposta vem da análise das soluções dos modelos no campo de Laplace.

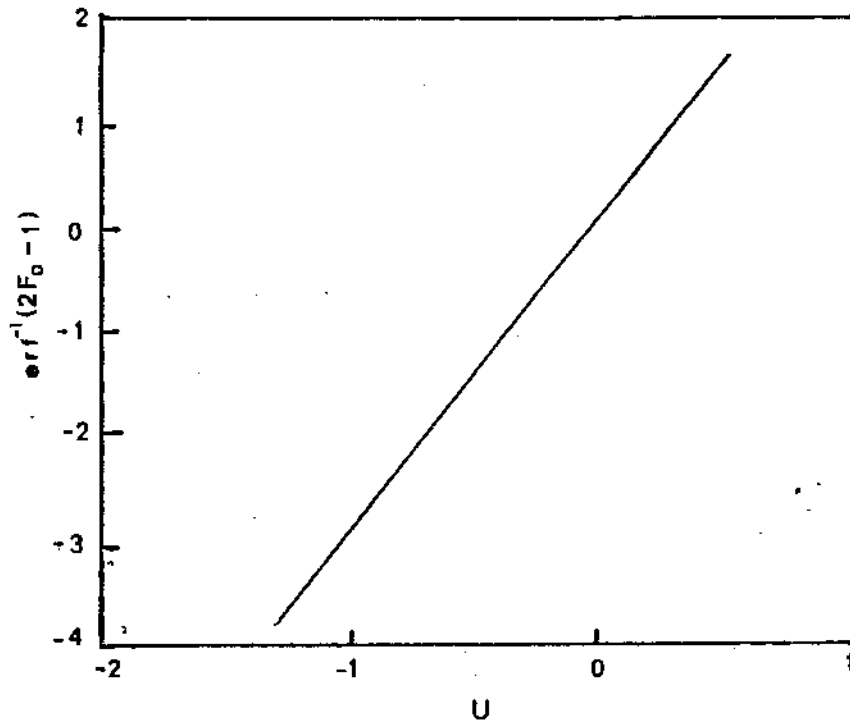


Fig. 1.6 - Solução da Eq. da Convecção-Dispersão

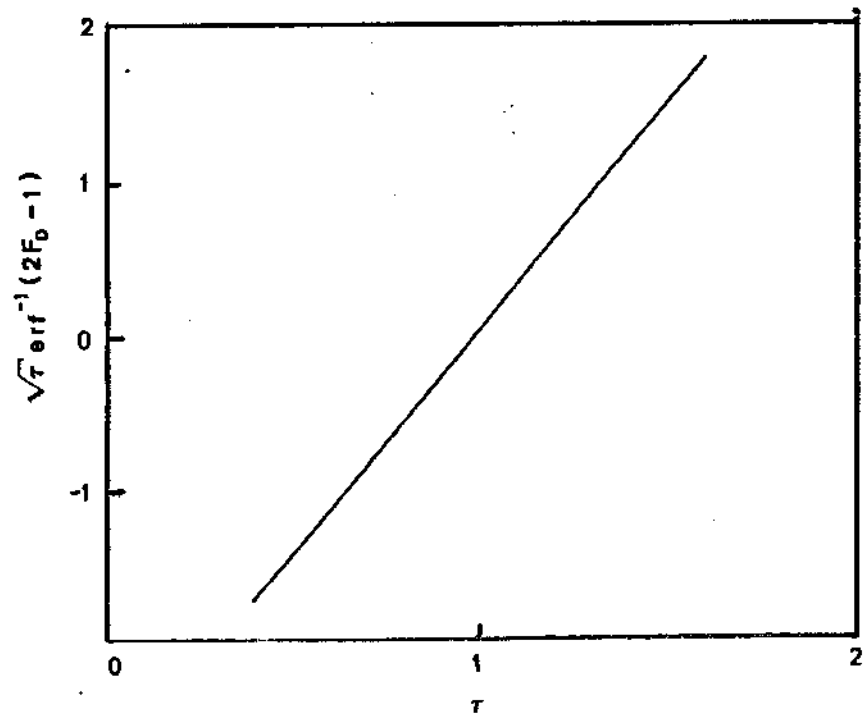


Fig. 1.7 - Solução da Eq. da Convecção-Dispersão

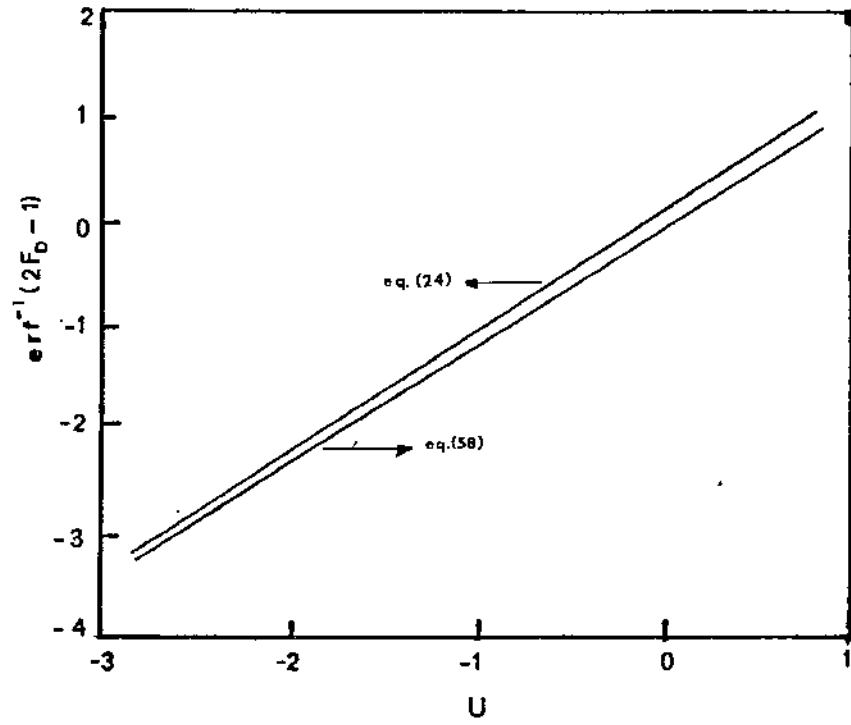


fig. 1.8 - Influência do Termo $\exp(Pe) \text{erfc} \left[\frac{1 + \tau}{2\sqrt{\tau/Pe}} \right]$

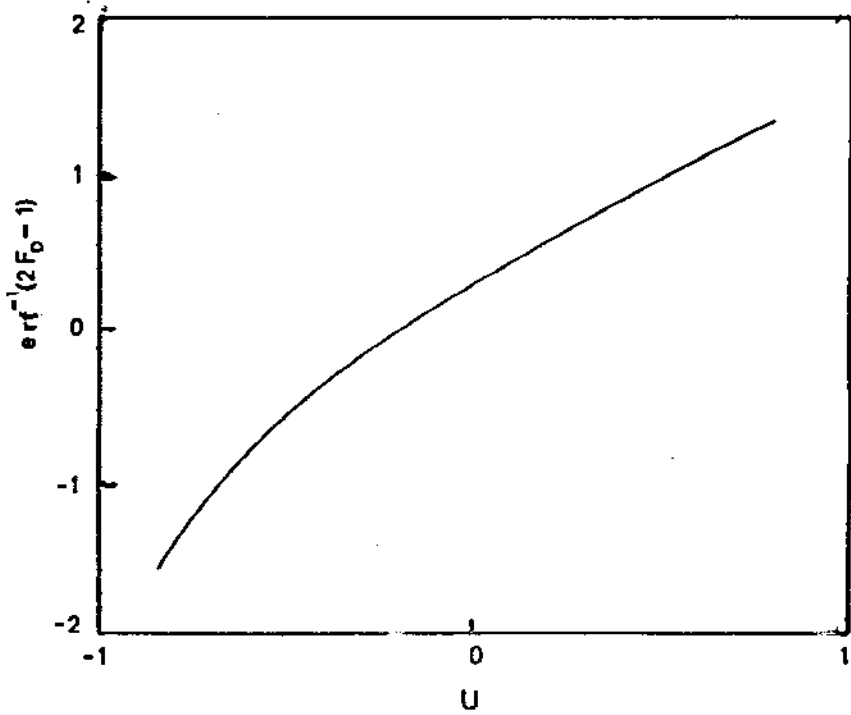


fig. 1.9 - Comportamento de Meio Poroso Heterogêneo

Sabe-se que quando $t \rightarrow 0$, $s \rightarrow \infty$. Então, para curto tempo as funções $g(s)$ (eq.(36),(48) e (57)) para todos os modelos se reduzem a $g(s) = f$ e a solução comum a todos será

$$\bar{F}_D(\xi, s) = \frac{\exp\left[\left(\frac{Pe - \sqrt{Pe^2 + 4Pe f s}}{s}\right) \frac{\xi}{2}\right]}{s} \dots\dots(61)$$

que pode ser invertida, resultando:

$$F_D(\xi, \tau) = \frac{1}{2} \left[\operatorname{erfc}\left(\frac{\xi - \tau/f}{2\sqrt{\tau/(Pe f)}}\right) + \exp(Pe \xi) \operatorname{erfc}\left(\frac{\xi + \tau/f}{2\sqrt{\tau/(Pe f)}}\right) \right] \dots\dots(62)$$

ou,

$$F_D(1, \tau) = \frac{1}{2} \left[\operatorname{erfc}\left(\frac{1 - \tau/f}{2\sqrt{\tau/(Pe f)}}\right) + \exp(Pe) \operatorname{erfc}\left(\frac{1 + \tau/f}{2\sqrt{\tau/(Pe f)}}\right) \right] \dots\dots(63)$$

Novamente, desprezando-se o segundo termo da eq.(63) tem-se:

$$F_D(1, \tau) = \frac{1}{2} \operatorname{erfc}\left(\frac{1 - \tau/f}{2\sqrt{\tau/(Pe f)}}\right) \dots\dots(64)$$

Seguindo a metodologia da análise anterior, tem-se:

$$\operatorname{erf}^{-1}(2 F_D(1, \tau) - 1) = \frac{\sqrt{Pe}^{-1} (\tau - f)}{2\sqrt{f} \sqrt{\tau}} \dots\dots(65)$$

Como $\tau \ll f$, pode-se aproximar $\tau - f$ por $f(\tau - 1)$, logo:

$$\operatorname{erf}^{-1}(2 F_D(1, \tau) - 1) = \frac{\sqrt{Pe f}^{-1} (\tau - 1)}{2\sqrt{\tau}} \dots\dots(66)$$

Assim para tempos pequenos tem-se uma reta no gráfico $\operatorname{erf}^{-1}(2 F_D(1, \tau) - 1) \times U$ com inclinação igual a $\sqrt{Pe f}^{-1}/2$.

Agora fazendo-se $t \rightarrow \infty$, tem-se que $s \rightarrow 0$, e as funções $g(s)$ para todos os modelos se reduzem a $g(s) = 1$, sendo que a solução comum a todos seria a solução da eq. da convecção-dispersão (eq.(23) e (24)). Como foi visto

anteriormente a solução da equação da convecção-dispersão quando apresentada em um gráfico $\text{erf}^{-1}(2 F_D(1, \tau) - 1) \times U$, produz uma linha reta de inclinação $\sqrt{Pe} / 2$, permitindo-se obter o valor de Pe pela inclinação da reta de longo tempo.

Assim, pode-se determinar Pe e f a partir da inclinação das retas de curto e longo tempo:

$$f = \frac{m_c^2}{m_l^2} \dots\dots(67)$$

$$Pe = 4 m_l^2 \dots\dots(68)$$

Se a análise estiver correta a inclinação da reta de longo tempo (m_l) deve ser maior que a inclinação da reta de curto tempo (m_c), mas vê-se pelas Figuras 1.10, 1.11 e 1.12, nos casos em que a é pequeno e Pe_c e Pe_l são grandes, ocorre exatamente o contrário. Isto quer dizer que para pequenas taxas de transferências de massa entre as porções estagnantes e não estagnantes do meio poroso, que é o caso mais comum em experimentos de laboratório, as nossas aproximações não valem. Analisando mais atentamente as funções $g(s)$, vem-se que, após algumas transformações, a variável s está sempre acompanhada dos grupos adimensionais a , Pe_c e Pe_l , e assim, a análise anterior teria que ter levado em consideração o valor destes parâmetros. Entretanto, se for feita uma análise com os grupos s/a , sPe_c e sPe_l , semelhante a que fizemos com a variável s , as soluções obtidas serão demasiado complexas tirando assim a simplicidade que é a principal característica do método gráfico. Então, procurou-se outra maneira para contornar este problema.

Analisando as Figuras 1.10, 1.11 e 1.12 vê-se que não há uma grande variação da inclinação das retas de curto tempo para os diversos valores de a , Pe_c e Pe_l . Logo pode-se obter Pe e f a partir da análise desta reta.

Da eq.(65) temos que:

$$\sqrt{\tau} \text{erf}^{-1}(2 F_D(1, \tau) - 1) = \frac{\sqrt{Pe}}{2\sqrt{f}} \tau - \frac{\sqrt{Pe f}}{2} \dots\dots(69)$$

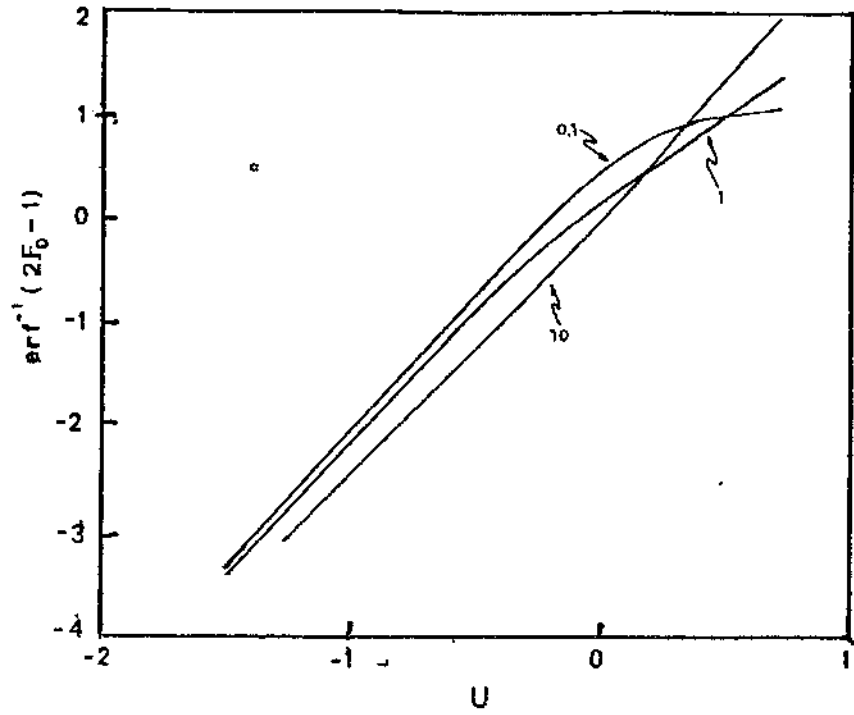


fig.1.10 - Influência do Parâmetro α

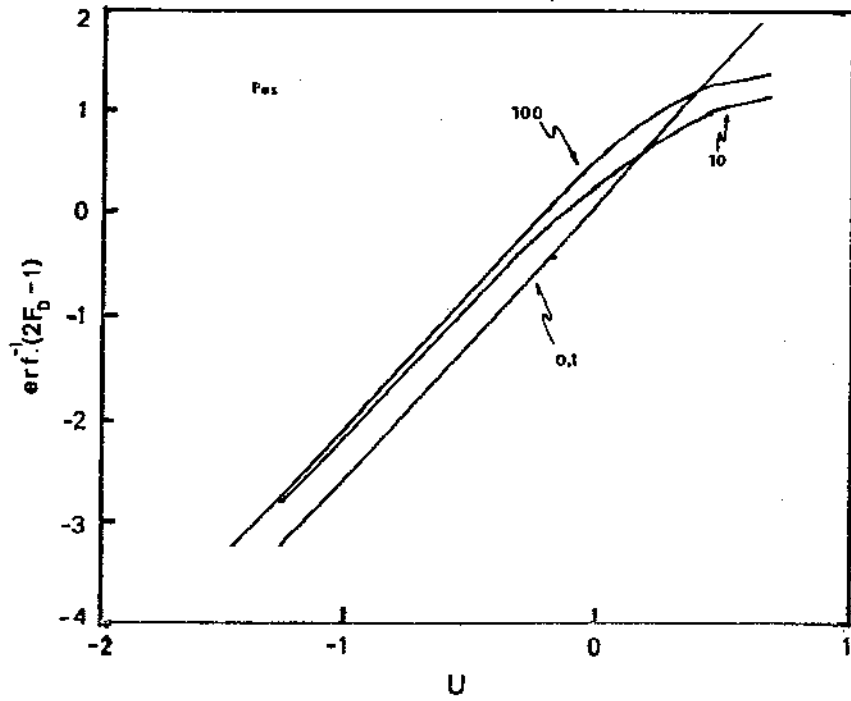


fig.1.11 - Influência do Parâmetro Pes

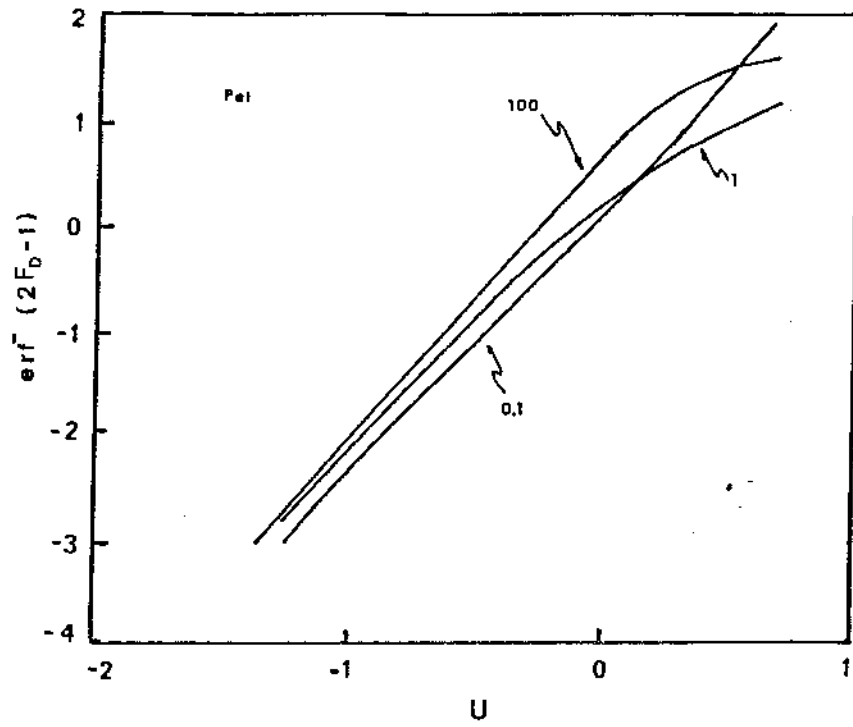


Fig. 1.12 - Influência do Parâmetro Pe_1

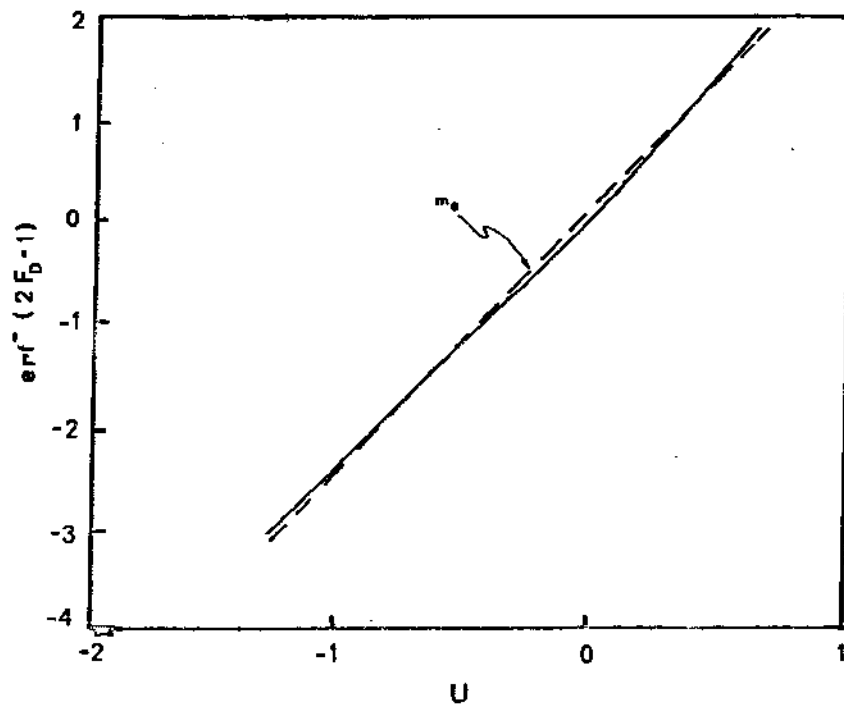


Fig. 1.13 - Determinação de Pe_2

Do gráfico $\sqrt{\tau} \operatorname{erf}^{-1}(2 F_D(1, \tau) - 1) \times \tau$ tira-se a inclinação da reta de curto tempo e Y_0 , que é onde esta reta corta o eixo y, então calcula-se Pe e f :

$$Pe = -4 m_c Y_0 \dots\dots(70)$$

$$f = \frac{Pe}{4 m_c^2} \dots\dots(71)$$

Até agora tratou-se apenas das estimativas de Pe e f , a partir das retas de curto e longo tempo. A determinação dos parâmetros a , Pe_e e Pe_i é uma tarefa bastante mais complexa que ainda está num estágio inicial de pesquisas, apesar de a técnica aqui apresentada conseguir alguns bons resultados.

Verificando novamente as Figuras 1.10, 1.11 e 1.12 nota-se que para altas taxas de transferência de massa as curvas se aproximam do comportamento de um meio homogêneo. Então pode-se aproximar esta curva por uma reta (Fig. 1.13). Através desta reta pode-se determinar um Pe_e , que se denominará de número de Peclet efetivo (Pe_e). Este Pe_e será menor que o Pe do deslocamento calculado pela eq.(68), o que quer dizer que pode-se considerar que o nosso meio poroso heterogêneo se comporta como um meio homogêneo com maior coeficiente de dispersão.

Baker¹⁰ derivou uma expressão que correlaciona Pe_e com os outros parâmetros do modelo de Coats-Smith:

$$\frac{1}{Pe_e} = \frac{1}{Pe} + \frac{(1 - f)^2}{a} \dots\dots(72)$$

Isolando-se a na eq.(72), tem-se que:

$$a = \frac{Pe_e Pe}{(Pe - Pe_e)} (1 - f)^2 \dots\dots(73)$$

Passioura²⁰ derivou uma expressão semelhante a eq.(72) para o modelo das esferas porosas:

$$\frac{1}{Pe_e} = \frac{1}{Pe} + \frac{(1 - f) Pe_e}{15} \dots\dots(74)$$

De (74) vem que:

$$P_{es} = \frac{(P_e - P_{e_e})}{P_{e_e} P_e} \frac{15}{(1-f)} \dots\dots(75)$$

E, finalmente, Corrêa et alii⁴ apresentaram uma expressão para o modelo de difusão transversa na matriz:

$$\frac{1}{P_{e_e}} = \frac{1}{P_e} + \frac{(1-f) P_{et}}{3} \dots\dots(76)$$

e,

$$P_{et} = \frac{(P_e - P_{e_e})}{P_{e_e} P_e} \frac{3}{(1-f)} \dots\dots(77)$$

Vários autores determinaram limites de validade para as equações acima.

Para a eq.(72):

$$a > 4,5 \dots\dots(78) \quad (\text{Bretz e Orr}^2)$$

Para a eq.(74):

$$\frac{(1-f)}{P_{es}} > 0,3 \dots\dots(79) \quad (\text{Rao et al.}^9)$$

Para a eq.(76):

$$\frac{(1-f)}{P_{et}} > 1,5 \dots\dots(80) \quad (\text{Corrêa et alii}^4)$$

No caso de baixas taxas de transferência de massa assumir-se-á que vale a relação:

$$m_l = \frac{\sqrt{P_{e_e}}}{2} \dots\dots(81)$$

e utilizar-se-á, também, as eq.(72), (74) e (76) para se estimar os parâmetros a, P_{es} e P_{et} .

Agora tem-se um conjunto completo de equações para estimar todos os parâmetros de qualquer um dos modelos existentes a partir do gráfico $\text{erf}^{-1}(2 F_D(1, \tau) - 1) \times U$ ou $\sqrt{\tau} \text{erf}^{-1}(2 F(1, \tau) - 1) \times \tau$. O procedimento para tal cálculo está resumido na seção seguinte.

1.2.5.1 - Procedimento padrão para estimar parâmetros de deslocamento miscível por métodos gráficos:

a - Fazer gráfico $\sqrt{\tau} \text{erf}^{-1}(2 F_D(1, \tau) - 1) \times \tau$.

b - Se estiver definida apenas uma reta no gráfico, calcule P_e pela eq.(68), onde neste caso m_l será a inclinação da única reta no gráfico.

c - Caso se constate a existência de duas retas faça o seguinte:

c.1 - Se a reta de longo tempo tiver uma inclinação maior que a reta de curto tempo ($m_l > m_c$), calcule P_e e f usando as eq.(67) e (68). Trace a reta que mais aproxima a curva toda. Com a inclinação desta reta calcule P_{e_e} com a eq.(68). De posse dos valores de P_e , f e P_{e_e} calcule a , P_{e_s} e/ou P_{e_t} pelas eq.(73),(75) e (77).

c.2 - Se a reta de longo tempo tiver uma inclinação menor que a reta de curto tempo ($m_l < m_c$), calcule P_e e f usando as eq.(70) e (71), e a seguir calcule P_{e_e} usando a eq.(68) e finalmente calcule a , P_{e_s} e/ou P_{e_t} pelas eq.(73),(75) e (77).

1.2.6 - Deconvolução

Os métodos gráficos discutidos na seção anterior só podem ser aplicados quando o teste é do tipo de injeção contínua. Então, para que se possa aplicar os métodos gráficos em testes de injeção de banco tem-se que transformar a resposta a um teste deste tipo na resposta equivalente a um teste de injeção contínua. Para fazer esta transformação usar-se-á novamente as fórmulas de Duhamel. Estas fórmulas permitem a convolução de um

sinal de entrada qualquer, $f(t)$, com a resposta do sistema, $A(t)$, a um impulso do tipo degrau unitário, obtendo assim, a resposta do sistema, $y(t)$, ao sinal $f(t)$. Agora deseja-se achar $A(t)$ conhecendo $y(t)$ e $f(t)$. A este processo chama-se de deconvolução.

Pode-se interpretar as fórmulas de Duhamel da seguinte forma: suponha que a função $f(t)$ seja aproximada por uma série de funções degrau (veja Figura 1.14). A primeira função degrau, $f(0)$, teria magnitude finita, enquanto que o restante das funções degrau teria magnitude infinitesimal. Assim teremos:

$$\frac{\Delta f}{\Delta \lambda} \cong \left. \frac{d f}{d t} \right|_{t=\lambda} = f'(\lambda) \dots\dots(82)$$

E a magnitude da função degrau infinitesimal terá a expressão aproximada:

$$\Delta f_i = f'(\lambda_i) \Delta \lambda_i \dots\dots(83)$$

Como a resposta do sistema a uma função degrau unitário é $A(t)$, temos que a resposta do sistema para a função degrau $f(0)$ será:

$$f(0) A(t) \dots\dots(84)$$

Já é de se esperar que a resposta as funções degrau infinitesimal sejam Δf_i vezes $A(t)$, mas como as funções Δf_i não começam a agir a partir do tempo $t = 0$, tem-se um atraso na resposta. Assim tem-se que:

$$\Delta f_i A(t - \lambda_i) \dots\dots(85)$$

Somando todas estas contribuições tem-se a resposta do sistema, $y(t)$, ao estímulo, $f(t)$:

$$y(t) = f(0) A(t) + \sum \Delta f_i A(t - \lambda_i) \dots\dots(86)$$

Substituindo Δf_i por sua expressão equivalente (eq.(83)) e fazendo $\Delta \lambda_i \rightarrow 0$, o somatório torna-se uma integral:

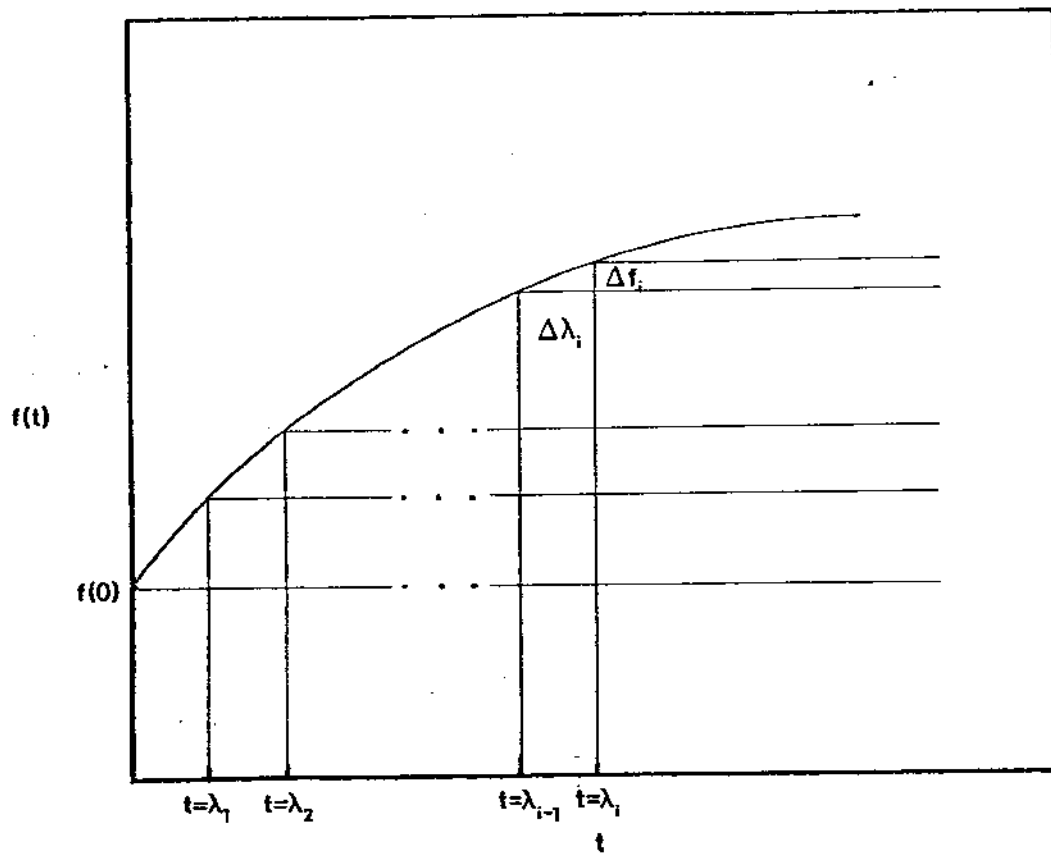


Fig-1.14- Representação de uma função qualquer, $f(t)$, por uma série de funções degrau

$$y(t) = f(0) A(t) + \int_0^t f'(\lambda) A(t-\lambda) d\lambda \dots\dots(87)$$

A expressão acima é outra forma da fórmula de Duhamel.

Mas o problema continua, pois a função desconhecida no caso é $A(t)$, que na eq.(87) se encontra dentro e fora da integral.

Observando-se a função que representa a injeção de um banco de fluido (Figura 1.2), vê-se que ela é uma combinação de funções degrau, portanto, pode-se usar a eq.(86) sem o perigo de incorrer em um erro muito grande. Ao mesmo tempo considerar-se-á que $A(t)$ seja representada por funções B-splines. Com isto o nosso problema consiste em resolver o seguinte sistema:

$$y(t_i) = f(t_0) \sum_{k=-1}^{N+1} \gamma_k B_k(t_i) + \sum_{j=1}^N \Delta f_j \sum_{k=-1}^{N+1} \gamma_k B_k(t_i - t_j) \dots\dots(88)$$

$i = 0, N$

onde,

$y(t)$ = resposta do sistema a uma injeção de banco.

$f(t_0)$ = valor da concentração do banco em $t = t_0$.

$\Delta f_i = f(t_i) - f(t_{i-1})$

γ_k = coeficientes dos B-splines (incógnitos).

$$B_k(x) \begin{cases} 0, & x < -2 \\ (x+2)^3, & x \in [-2, -1] \\ 1 + 3(x+1) + 3(x+1)^2 - 3(x+1)^3, & x \in [-1, 0] \\ 1 + 3(1-x) + 3(1-x)^2 - 3(1-x)^3, & x \in [0, 1] \\ (2-x)^3, & x \in [1, 2] \\ 0, & x > 2 \end{cases}$$

onde,

$$x = \frac{t - t_k}{h} \quad \text{e} \quad h = t_{k+1} - t_k$$

No caso, tem-se um sistema de $N+1$ equações e $N+3$ incógnitas, precisa-se portanto de mais duas condições para poder resolver o problema. Supondo que $A'(t_0) = 0$ e $A'(t_N) = 0$, tem-se

que:

$$-\frac{3}{h} \gamma_{-1} + \frac{3}{h} \gamma_1 = 0 \dots\dots(89)$$

$$-\frac{3}{h} \gamma_{N-1} + \frac{3}{h} \gamma_{N+1} = 0 \dots\dots(90)$$

Um inconveniente de se usar B-splines é que os dados precisam estar igualmente espaçados, portanto deve-se tomar cuidado na hora de aplicar o método.

O método acima funciona muito bem quando a função $f(t)$ é do tipo da Figura 1.2 (se $y(t)$ é exata o método fornece respostas exatas), mas não funciona tão bem quando $f(t)$ é mais suave (uma parábola por exemplo), pois para que a eq.(86) produzisse uma aproximação razoável da eq.(87), os Δf_i teriam de ser muito pequenos, o que inviabilizaria o método do ponto de vista computacional.

Para melhor entender o método, vamos fazer o exemplo representado na Figura 1.15.

O sistema a ser resolvido é:

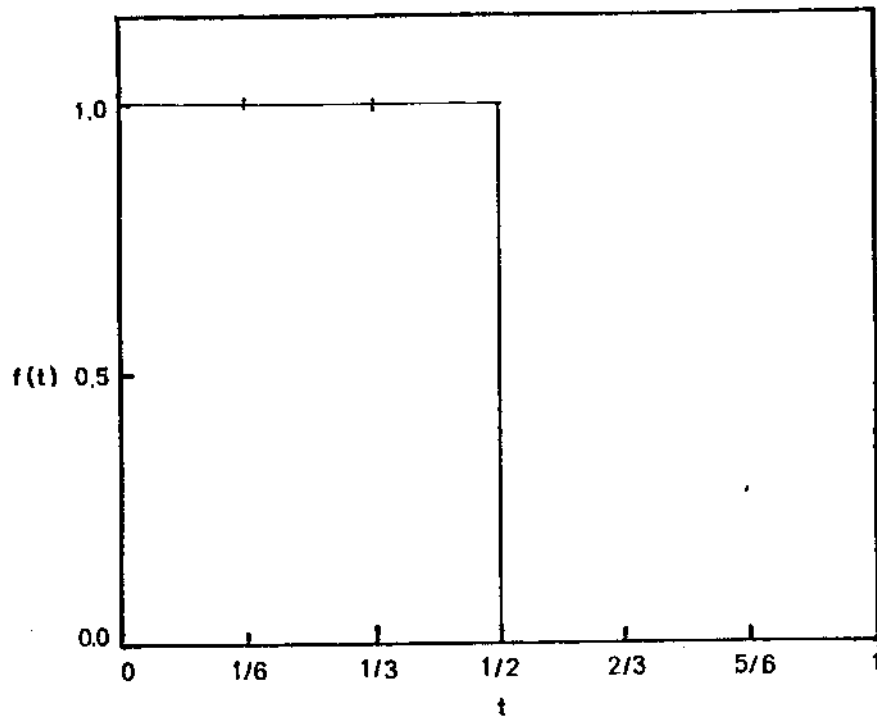
$$y_0 = f_0(\gamma_{-1} B_{-1}(t_0) + \gamma_0 B_0(t_0) + \gamma_1 B_1(t_0))$$

$$y_1 = f_0(\gamma_0 B_0(t_1) + \gamma_1 B_1(t_1) + \gamma_2 B_2(t_1)) + \Delta f_1(\gamma_{-1} B_{-1}(t_0) + \gamma_0 B_0(t_0) + \gamma_1 B_1(t_0))$$

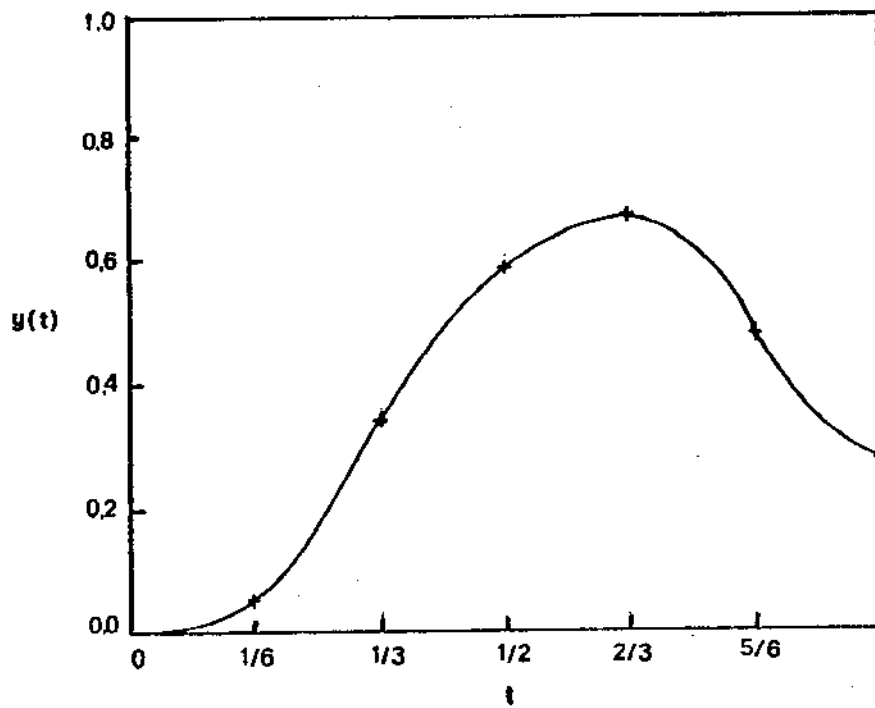
$$y_2 = f_0(\gamma_1 B_1(t_2) + \gamma_2 B_2(t_2) + \gamma_3 B_3(t_2)) + \Delta f_1(\gamma_0 B_0(t_1) + \gamma_1 B_1(t_1) + \gamma_2 B_2(t_1)) + \Delta f_2(\gamma_{-1} B_{-1}(t_0) + \gamma_0 B_0(t_0) + \gamma_1 B_1(t_0))$$

$$y_3 = f_0(\gamma_2 B_2(t_3) + \gamma_3 B_3(t_3) + \gamma_4 B_4(t_3)) + \Delta f_1(\gamma_1 B_1(t_2) + \gamma_2 B_2(t_2) + \gamma_3 B_3(t_2)) + \Delta f_2(\gamma_0 B_0(t_1) + \gamma_1 B_1(t_1) + \gamma_2 B_2(t_1)) + \Delta f_3(\gamma_{-1} B_{-1}(t_0) + \gamma_0 B_0(t_0) + \gamma_1 B_1(t_0))$$

$$y_4 = f_0(\gamma_3 B_3(t_4) + \gamma_4 B_4(t_4) + \gamma_5 B_5(t_4)) + \Delta f_1(\gamma_2 B_2(t_3) + \gamma_3 B_3(t_3) + \gamma_4 B_4(t_3)) + \Delta f_2(\gamma_1 B_1(t_2) + \gamma_2 B_2(t_2) + \gamma_3 B_3(t_2)) + \Delta f_3(\gamma_0 B_0(t_1) + \gamma_1 B_1(t_1) + \gamma_2 B_2(t_1)) +$$



Sinal na Entrada do Sistema



Sinal na Saída do Sistema

Fig. 1.15- Funções para o Exemplo de Deconvolução

$$+ \Delta f_4(\gamma_{-1} B_{-1}(t_0) + \gamma_0 B_0(t_0) + \gamma_1 B_1(t_0))$$

$$\begin{aligned} y_5 = & f_0(\gamma_4 B_4(t_5) + \gamma_5 B_5(t_5) + \gamma_6 B_6(t_5)) + \\ & + \Delta f_1(\gamma_3 B_3(t_4) + \gamma_4 B_4(t_4) + \gamma_5 B_5(t_4)) + \\ & + \Delta f_2(\gamma_2 B_2(t_3) + \gamma_3 B_3(t_3) + \gamma_4 B_4(t_3)) + \\ & + \Delta f_3(\gamma_1 B_1(t_2) + \gamma_2 B_2(t_2) + \gamma_3 B_3(t_2)) + \\ & + \Delta f_4(\gamma_0 B_0(t_1) + \gamma_1 B_1(t_1) + \gamma_2 B_2(t_1)) + \\ & + \Delta f_5(\gamma_{-1} B_{-1}(t_0) + \gamma_0 B_0(t_0) + \gamma_1 B_1(t_0)) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} y_6 = & f_0(\gamma_5 B_5(t_6) + \gamma_6 B_6(t_6) + \gamma_7 B_7(t_6)) + \\ & + \Delta f_1(\gamma_4 B_4(t_5) + \gamma_5 B_5(t_5) + \gamma_6 B_6(t_5)) + \\ & + \Delta f_2(\gamma_3 B_3(t_4) + \gamma_4 B_4(t_4) + \gamma_5 B_5(t_4)) + \\ & + \Delta f_3(\gamma_2 B_2(t_3) + \gamma_3 B_3(t_3) + \gamma_4 B_4(t_3)) + \\ & + \Delta f_4(\gamma_1 B_1(t_2) + \gamma_2 B_2(t_2) + \gamma_3 B_3(t_2)) + \\ & + \Delta f_5(\gamma_0 B_0(t_1) + \gamma_1 B_1(t_1) + \gamma_2 B_2(t_1)) + \\ & + \Delta f_6(\gamma_{-1} B_{-1}(t_0) + \gamma_0 B_0(t_0) + \gamma_1 B_1(t_0)) \end{aligned}$$

$$0 = -\frac{3}{h} \gamma_{-1} + \frac{3}{h} \gamma_1$$

$$0 = -\frac{3}{h} \gamma_5 + \frac{3}{h} \gamma_7$$

Substituindo os valores e agrupando os termos, temos:

$$\gamma_{-1} + 4 \gamma_0 + \gamma_1 = 0.000000$$

$$\gamma_0 + 4 \gamma_1 + \gamma_2 = 0.055246$$

$$\gamma_1 + 4 \gamma_2 + \gamma_3 = 0.335275$$

$$-\gamma_{-1} - 4 \gamma_0 - \gamma_1 + \gamma_2 + 4 \gamma_3 + \gamma_4 = 0.580171$$

$$-\gamma_0 - 4 \gamma_1 - \gamma_2 + \gamma_3 + 4 \gamma_4 + \gamma_5 = 0.671493$$

$$-\gamma_1 - 4 \gamma_2 - \gamma_3 + \gamma_4 + 4 \gamma_5 + \gamma_6 = 0.474729$$

$$-\gamma_2 - 4 \gamma_3 - \gamma_4 + \gamma_5 + 4 \gamma_6 + \gamma_7 = 0.276904$$

$$-18 \gamma_{-1} + 18 \gamma_1 = 0$$

$$- 18 \gamma_5 + 18 \gamma_7 = 0$$

Resolvendo-se o sistema, resulta que:

$$\gamma_{-1} = - 0.0011401 \qquad \gamma_0 = 0.0005701$$

$$\gamma_1 = - 0.0011401 \qquad \gamma_2 = 0.592365$$

$$\gamma_3 = 0.0994702 \qquad \gamma_4 = 0.1230542$$

$$\gamma_5 = 0.1350520 \qquad \gamma_6 = 0.1467430$$

$$\gamma_7 = 0.1350520$$

Com estes valores pode-se calcular A(t). A tabela seguinte mostra os resultados:

Tabela 1.1

i	t	f(t)	y(t)	A(t)*	A(t)**
0	0.00000	1.0	0.000000	0.000000	0.000000
1	0.16667	1.0	0.055246	0.055246	0.055246
2	0.33333	1.0	0.335275	0.335275	0.335276
3	0.50000	0.0	0.580171	0.580171	0.580172
4	0.66667	0.0	0.671493	0.726739	0.726739
5	0.83333	0.0	0.474729	0.810005	0.810005
6	1.00000	0.0	0.276904	0.857076	0.857076

A(t)* - calculado pela deconvolução.

A(t)** - resposta exata do teste de injeção contínua

1.2.7 - Ajuste Não-linear

De posse dos dados de concentração na saída do testemunho pode-se ajustar os modelos matemáticos a esse conjunto de dados escolhendo-se adequadamente os parâmetros (Pe, f, a, Pea, Pet).

Os parâmetros são escolhidos de modo à minimizar o valor de uma função (função de mérito) que meça a concordância entre as observações experimentais e os modelos.

Como função de mérito usou-se a função Qui-quadrado (χ^2):

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^N \left[\frac{y_i - y_i(x_i; a_1, \dots, a_M)}{\sigma_i} \right]^2 \dots\dots(91)$$

Esta função permite o uso de desvios padrões (σ_i) diferente para cada observação. Sabe-se, por exemplo, que os pontos iniciais apresentam maior erro que os demais. Além disto, o valor de χ^2 nos dá uma medida quantitativa da qualidade do ajuste:

$Q\left(\frac{\nu}{2}, \frac{\chi^2}{2}\right)$ = probabilidade do Qui-quadrado do modelo correto ser maior que o χ^2 calculado no ajuste (função Gama incompleta).

$\nu = N - M$, grau de liberdade, onde N é o número de observações e M o número de parâmetros a ser ajustado.

Então se Q for muito pequeno duas coisas podem ter acontecido: (i) o modelo está errado; (ii) a estimativa dos erros foi muito otimista, isto é, os erros nos dados são maiores do que se pensava. Como regra prática, pode-se dizer que o ajuste é bom quando χ^2 é da ordem de N ou menor.

Os modelos que descrevem o fluxo miscível em meios porosos dependem não linearmente dos parâmetros, assim escolheu-se o método de Levenberg-Marquardt (ou simplesmente de Marquardt) para realizar o ajuste. Como este método é amplamente utilizado dispensar-se-á aqui maiores explicações a seu respeito. Para mais informações consulte as referências 11 e 12.

O método de Marquardt é iterativo, sendo necessário fornecer valores iniciais para os parâmetros a serem ajustados. Assim quanto mais longe estiver a estimativa inicial dos parâmetros que fornecem o melhor ajuste, mais iterações se farão necessárias para que seja alcançada a convergência. Num caso extremo pode ser que nem se consiga a convergência, ou ainda, pode ser que o método nos conduza a valores que estejam

matematicamente corretos, mas que não tenham significado físico. Então, usar-se-á como estimativas iniciais os valores encontrados através dos métodos gráficos descritos na seção 1.2.5. Com isto, garante-se uma estimativa inicial bem próxima dos valores ótimos de ajuste.

O método de Marquardt, além de exigir a resposta do modelo nos pontos das observações, também requer a derivada dos modelos com relação aos parâmetros a serem ajustados. As derivadas para os diversos modelos, para as soluções da injeção contínua, estão apresentadas abaixo:

Modelo Homogêneo:

$$\frac{\delta F_D(\xi, \tau)}{\delta Pe} = \frac{1}{2} \left\{ \xi \exp(Pe \xi) \operatorname{erfc} \left[\frac{\xi + \tau}{2\sqrt{\tau/Pe}} \right] - \frac{1}{2\sqrt{\tau/Pe}} \left[(\xi - \tau) \times \right. \right. \\ \left. \left. \times \exp \left[- \left(\frac{\xi - \tau}{2\sqrt{\tau/Pe}} \right)^2 \right] + (\xi + \tau) \exp \left[- \left(\frac{\xi + \tau}{2\sqrt{\tau/Pe}} \right)^2 \right] \right] \right\} \dots (92)$$

Modelo de Coats-Smith:

$$\frac{\delta \bar{F}_D(\xi, s)}{\delta Pe} = \frac{\left[\sqrt{Pe^2 + 4 Pe s g(s)} - Pe - 2 s g(s) \right] \xi}{2 s \sqrt{Pe^2 + 4 Pe s g(s)}} \times \\ \times \exp \left[\left[\left(\sqrt{Pe^2 + 4 Pe s g(s)} \right) \frac{\xi}{2} \right] \right] \dots (93)$$

$$\frac{\delta \bar{F}_D(\xi, s)}{\delta f} = \frac{- Pe \frac{\delta g}{\delta f} \xi}{\sqrt{Pe^2 + 4 Pe s g(s)}} \exp \left[\left[\left(\sqrt{Pe^2 + 4 Pe s g(s)} \right) \frac{\xi}{2} \right] \right] \\ \dots (94)$$

$$\text{onde, } \frac{\delta g}{\delta f} = 1 - \frac{a^2}{(a + (1-f)s)^2} \dots (95)$$

$$\frac{\delta \bar{F}_D(\xi, s)}{\delta a} = \frac{- Pe \frac{\delta g}{\delta a} \xi}{\sqrt{Pe^2 + 4 Pe s g(s)}} \exp \left[\left[\left(\sqrt{Pe^2 + 4 Pe s g(s)} \right) \frac{\xi}{2} \right] \right] \\ \dots (96)$$

onde, $\frac{\delta g}{\delta a} = \frac{(1-f)^2 s}{(a + (1-f)s)^2} \dots\dots(97)$

As expressões das derivadas para os modelos das esferas porosas e de difusão transversa na matriz são análogas as equações acima, sendo que a diferença, novamente, fica por conta da função $g(s)$ e suas derivadas. Então para o modelo das esferas porosas tem-se:

$$\frac{\delta g}{\delta f} = 1 - \frac{3}{s P_{es}} \left[\sqrt{s P_{es}} \operatorname{coth} \left(\sqrt{s P_{es}} - 1 \right) \right] \dots\dots(98)$$

e,

$$\frac{\delta g}{\delta P_{es}} = (1-f) \frac{3}{P_{es}} \left[\frac{1}{2} + \frac{1}{s P_{es}} - \frac{\operatorname{coth} \left(\sqrt{s P_{es}} \right)}{2} \times \left(\frac{1}{\sqrt{s P_{es}}} + \operatorname{coth} \left(\sqrt{s P_{es}} \right) \right) \right] \dots\dots(99)$$

E para o modelo de difusão transversa na matriz:

$$\frac{\delta g}{\delta f} = 1 + \frac{\tanh \left(\sqrt{s P_{et}} \right)}{\sqrt{s P_{et}}} \dots\dots(100)$$

$$\frac{\delta g}{\delta P_{et}} = \frac{(1-f)}{2 P_{et}} \left[\tanh \left(\sqrt{s P_{et}} \right) \left(\frac{1}{\sqrt{s P_{et}}} + \tanh \left(\sqrt{s P_{et}} \right) \right) - 1 \right] \dots\dots(101)$$

As expressões das derivadas para uma injeção de banco para os modelos heterogêneos são iguais as expressões das derivadas acima (eq.(93), (94) e (96)) multiplicadas, por $(1-\exp(-\beta s))$. Para o modelo homogêneo temos:

$$\frac{\delta F_D(\xi, \tau)}{\delta P_e} = \frac{\delta A(\xi, \tau)}{\delta P_e} - \beta \tau^{-\beta} \frac{\delta A(\xi, \tau-\beta)}{\delta P_e} \dots\dots(102)$$

onde $\frac{\delta A(\xi, \tau)}{\delta P_e}$ corresponde a eq.(92).

Nota-se que tanto as soluções dos modelos heterogêneos

como suas derivadas, estão apresentadas no espaço de Laplace. Como se necessita das soluções e derivadas no campo real, então utiliza-se o algoritmo de Crump¹ para se fazer a inversão numericamente. Para maiores detalhes veja apêndice A.

1.3 - Interpretação de Resultados

Para verificar a validade da interpretação pelos métodos gráficos, foram gerados resultados para os diversos modelos e interpretou-se os resultados seguindo-se o procedimento delineado na seção 1.2.5.1. Os resultados estão resumidos nas tabelas abaixo.

Tabela 1.2 - Método Homogêneo

Pe	10	30	50	70	100
Pe^*	10,48	30,44	50,43	70,40	100,41

* - parâmetros estimados pelo método gráfico.

Tabela 1.3 - Método de Coats-Smith

(os dados foram gerados com $Pe = 30$ e $f = 0,8$)

a	a^*	Pe^*	f^*	m_c	m_l
0,1	0,08	28,51	0,79	2,99	0,66
0,5	0,31	27,49	0,82	2,89	1,34
1	0,65	26,57	0,84	2,81	1,82
5	3,93	27,39	0,84	2,40	2,62
10	7,86	29,43	0,80	2,42	2,71

* - parâmetros estimados pelo método gráfico.

Tabela 1.4 - Modelo das esferas porosas

(os dados foram gerados com $Pe = 30$ e $f = 0,8$)

Pe_s	Pe_s^*	Pe^*	f^*	m_c	m_l
100	25,95	28,86	0,80	3,00	0,81
10	21,53	26,67	0,85	2,81	0,98
1	0,79	25,02	0,93	2,60	2,39
0,1	0,27	30,58	0,82	2,51	2,76

* - parâmetros estimados pelo método gráfico.

Tabela 1.5 - Modelo de difusão transversa na matriz
(os dados foram gerados com $Pe = 30$ e $f = 0,8$)

Pe_t	Pe_t^*	Pe^*	f^*	m_c	m_l
60	4,60	29,44	0,79	3,06	0,83
6	6,40	29,02	0,80	3,01	0,74
0,6	1,00	26,57	0,86	2,78	1,73
0,06	0,08	29,38	0,81	2,43	2,71

* - parâmetros estimados pelo método gráfico.

Pode-se observar que as estimativas de Pe e f são bastante boas em todos os casos, sendo que somente quando m_l tem um valor próximo, mas menor do que m_c é que os resultados apresentaram um desvio maior.

Para o modelo de Coats-Smith as estimativas do parâmetro a , também foram bastante boas em toda a faixa de valores. Houve uma tendência a subestimar a , o que sugere que se pode melhorar a estimativa multiplicando a por um fator, no caso 1,25.

No caso do modelo de difusão transversa na matriz apesar dos resultados não terem sido tão bons quanto os do modelo de Coats-Smith, eles ficaram dentro de uma faixa de erro aceitável, com excessão da estimativa para $Pe_t = 60$. Mas, $Pe_t = 60$ é um valor que está muito fora da faixa de validade da eq.(76), e na prática um valor destes equivale a dizer que a troca de massa entre as porções estagnante e não estagnante seria praticamente inexistente. Como valores extremos deste tipo raramente ocorrem podemos dizer que as estimativas são bastante boas para o propósito a que se destinam.

Infelizmente no caso do modelo das esferas porosas os resultados não foram tão satisfatórios quanto os anteriores. Aqui, apesar de se obter uma idéia do valor de Pe_s , os erros foram na maioria dos casos superiores a 100%. Somente para $Pe_s=1$ é que se obteve uma estimativa com um erro admissível, assim mesmo foi neste caso que se obteve as piores estimativas para Pe e f . Apesar de ser grande o erro fornecido pela estimativa de Pe_s , este valor como estimativa inicial do método de ajuste linear é melhor que um valor qualquer, como se verá a seguir.

Após se ter verificado as falhas e virtudes do método gráfico de estimativas, passemos à aplicação da metodologia em casos práticos.

Foram analisados nove testes de deslocamento miscível apresentados por Bretz e Orr². Os três testemunhos utilizados neste testes foram tirados de rochas carbonáticas e sua análise petrográfica mostrou que eram altamente heterogêneos, o que ficou comprovado nos testes. Para maiores informações a respeito da metodologia experimental e dos testemunhos consulte a referência 2.

Foram realizadas quatro tipos de análises. Em primeiro lugar aplicaram-se os métodos gráficos discutidos anteriormente, sendo que após isto foi realizado o ajuste não-linear usando como estimativa inicial os valores obtidos pelos métodos gráficos. Também foi efetuado o ajuste não-linear usando $Pe = 30$, $f = 0,8$, $a = 0,5$, $Pe_s = 10$ e $Pe_t = 2$ como estimativa inicial em todos os testes. E, finalmente, foi realizado, nos casos em que a injeção foi de banco, um ajuste não-linear em cima dos dados deconvolvidos.

Nas tabelas a seguir os quatro tipos de análises descritos na parágrafo anterior podem ser identificados como métodos Graf. 1, 2 e 3 respectivamente. Os tempos reportados nas tabelas são relativos ao tempo total de execução (em minutos) do programa de ajuste não-linear contando inclusive o tempo de acesso a unidade de disco. Os programas foram executados num microcomputador compatível com o IBM-PC/XT de 8 MHz, com coprocessador aritmético e unidade de disco rígido.

O número de pontos reportado no cabeçalho das tabelas é válido apenas para os métodos 1 e 2. No método 3 usou-se 100 pontos para fazer o ajuste em todos os testes.

Tabela 1.6

Teste 36 - injeção contínua

$$u = 1,6 \times 10^{-9} \text{ cm/s}$$

$$N = 68$$

Modelo de Coats-Smith

Método	Pe	f	a	tempo	iter	σ
Graf	33,00	0,76	0,37	-	-	0,0263
1	27,117	0,776	0,500	3,18	4	0,0052
2	27,093	0,777	0,500	2,65	3	0,0052
B&O	21,9	0,81	0,375	-	-	0,006

Modelo das esferas porosas

Método	Pe	f	Pea	tempo	iter	σ
Graf	33,00	0,76	9,64	-	-	0,0200
1	35,921	0,650	4,732	5,55	5	0,0050
2	35,904	0,650	4,734	5,22	5	0,0050
B&O	34,7	0,69	4,59	-	-	0,005

Modelo de difusão transversa na matriz

Método	Pe	f	Pet	tempo	iter	σ
Graf	33,00	0,76	1,93	-	-	0,0227
1	29,602	0,720	1,097	4,58	4	0,0052
2	29,602	0,720	1,097	4,20	4	0,0052

Tabela 1.7

Teste 37 - injeção contínua

$$u = 2,5 \times 10^{-9} \text{ cm/s}$$

$$N = 56$$

Modelo de Coats-Smith

Método	Pe	f	a	tempo	iter	σ
Graf	23,00	0,78	0,37	-	-	0,0131
1	22,805	0,766	0,402	2,57	3	0,0115
2	22,839	0,765	0,402	3,53	4	0,0114
B&O	21,7	0,77	0,395	-	-	0,012

Modelo das esferas porosas

Método	Pe	f	Pe _s	tempo	iter	σ
Graf	23,00	0,78	9,01	-	-	0,0297
1	31,603	0,634	6,193	9,07	12	0,0106
2	33,214	0,627	6,056	9,37	13	0,0106
B&O	32,1	0,67	5,89	-	-	0,011

Modelo de difusão transversa na matriz

Método	Pe	f	Pet	tempo	iter	σ
Graf	23,00	0,78	1,80	-	-	0,0225
1	25,233	0,707	1,437	4,50	5	0,0114
2	25,195	0,707	1,438	4,10	5	0,0114

Tabela 1.8

Teste 38 - injeção contínua

$$u = 6,3 \times 10^{-3} \text{ cm/s}$$

$$N = 72$$

Modelo de Coats-Smith

Método	P_e	f	a	tempo	iter	σ
Graf	12,90	0,81	0,21	-	-	0,0207
1	12,656	0,855	0,125	5,18	7	0,0146
2	12,666	0,855	0,125	5,58	8	0,0146
B&O	19,6	0,77	0,402	-	-	0,017

Modelo das esferas porosas

Método	P_e	f	P_{es}	tempo	iter	σ
Graf	12,90	0,81	13,00	-	-	0,0148
1	14,586	0,782	12,74	5,62	5	0,0139
2	14,735	0,779	12,49	6,30	6	0,0139
B&O	23,1	0,70	6,54	-	-	0,016

Modelo de difusão transversa na matriz

Método	P_e	f	P_{et}	tempo	iter	σ
Graf	12,90	0,81	2,60	-	-	0,0155
1	13,165	0,823	2,923	5,37	5	0,0146
2	13,147	0,823	2,933	9,75	11	0,0146

Tabela 1.9

Teste 24 - injeção de banco

$$u = 2,6 \times 10^{-2} \text{ cm/s} \quad \beta = 0,434$$

$$N = 148$$

Modelo de Coats-Smith

Método	Pe	f	a	tempo	iter	σ
Graf	9,81	0,64	0,17	-	-	0,0155
1	9,649	0,650	0,248	9,75	4	0,0086
2	9,653	0,650	0,249	23,31	12	0,0086
3	9,359	0,662	0,231	4,21	3	0,0127
B&O	8,5	0,66	0,226	-	-	0,010

Modelo das esferas porosas

Método	Pe	f	Pe _s	tempo	iter	σ
Graf	9,81	0,64	32,37	-	-	0,0195
1	13,179	0,525	20,52	39,37	16	0,0065
2	13,859	0,514	19,604	83,38	36	0,0064
3	16,460	0,488	16,197	10,26	7	0,0123
B&O	15,9	0,54	16,61	-	-	0,007

Modelo de difusão transversa na matriz

Método	Pe	f	Pe _t	tempo	iter	σ
Graf	9,81	0,64	6,47	-	-	0,0157
1	11,636	0,566	3,591	14,55	5	0,0081
2	11,611	0,567	3,602	23,16	9	0,0081
3	11,351	0,577	3,636	8,88	6	0,0126

Tabela 1.10

Teste 25 - injeção de banco

$$u = 2,6 \times 10^{-3} \text{ cm/s} \quad \beta = 0,439$$

N = 148

Modelo de Coats-Smith

Método	Pe	f	a	tempo	iter	σ
Graf	7,72	0,67	0,07	-	-	0,0283
1	11,822	0,648	0,213	24,32	12	0,0136
2	11,836	0,648	0,214	21,83	11	0,0136
3	12,216	0,649	0,212	3,73	4	0,0175
B&O	9,9	0,70	0,119	-	-	0,015

Modelo das esferas porosas

Método	Pe	f	Pea	tempo	iter	σ
Graf	7,72	0,67	69,10	-	-	0,0287
1	16,400	0,538	25,04	25,62	9	0,0105
2	20,842	0,495	18,61	68,82	27	0,0113
3	22,845	0,494	18,80	11,20	11	0,0182
B&O	14,9	0,64	36,72	-	-	0,011

Modelo de difusão transversa na matriz

Método	Pe	f	Pei	tempo	iter	σ
Graf	7,72	0,67	13,80	-	-	0,0263
1	14,445	0,572	4,349	20,08	7	0,0122
2	14,437	0,572	4,353	23,67	9	0,0122
3	15,569	0,567	4,130	9,23	9	0,0172

Tabela 1.11

Teste 26 - injeção de banco

$$u = 2,6 \times 10^{-4} \text{ cm/s} \quad \beta = 0,462$$

$$N = 136$$

Modelo de Coats-Smith

Método	Pe	f	a	tempo	iter	σ
Graf	25,50	0,79	0,21	-	-	0,0231
1	26,575	0,769	0,408	10,73	5	0,0087
2	26,537	0,769	0,407	21,83	12	0,0087
3	27,608	0,765	0,422	5,45	5	0,0073
B&U	18,1	0,66	$<10^{-4}$	-	-	0,040

Modelo das esferas porosas

Método	Pe	f	Pe _s	tempo	iter	σ
Graf	25,50	0,79	15,00	-	-	0,0312
1	33,792	0,661	6,711	31,72	13	0,0077
2	33,794	0,661	6,711	25,42	10	0,0077
3	40,805	0,632	5,833	9,78	7	0,0065
B&U	20,5	0,66	>999	-	-	0,033

Modelo de difusão transversa na matriz

Método	Pe	f	Pe _t	tempo	iter	σ
Graf	25,50	0,79	3,00	-	-	0,0285
1	29,445	0,712	1,398	18,08	7	0,0086
2	29,440	0,712	1,398	11,57	4	0,0086
3	30,747	0,707	1,370	9,18	7	0,0073

Tabela 1.12

Teste 33 - injeção de banco

$$u = 4,6 \times 10^{-4} \text{ cm/s} \quad \beta = 0,398$$

$$N = 168$$

Modelo de Coats-Smith

Método	Pe	f	a	tempo	iter	σ
Graf	12,88	0,59	0,07	-	-	0,0530
1	10,235	0,613	0,379	12,37	7	0,0130
2	8,152	0,654	0,244	40,93	20	0,0166
3	9,269	0,632	0,298	5,53	5	0,0305
B&O	7,0	0,70	$<10^{-4}$	-	-	0,017

Modelo das esferas porosas

Método	Pe	f	Pe _s	tempo	iter	σ
Graf	12,88	0,59	89,20	-	-	0,0366
1	15,578	0,456	14,38	26,03	12	0,0107
2	13,711	0,479	16,15	94,57	36	0,0145
3	21,213	0,415	13,08	17,40	14	0,0308
B&O	10,9	0,64	26,98	-	-	0,023

Modelo de difusão transversa na matriz

Método	Pe	f	Pe _t	tempo	iter	σ
Graf	12,88	0,59	17,80	-	-	0,0408
1	12,972	0,512	2,559	25,03	12	0,0127
2	9,415	0,575	3,829	48,20	18	0,0163
3	11,572	0,536	3,065	14,87	12	0,0305

Tabela 1.13

Teste 34 - injeção de banco

$$u = 2,5 \times 10^{-3} \text{ cm/s} \quad \beta = 0,343$$

$$N = 147$$

Modelo de Coats-Smith

Método	P_e	f	a	tempo	iter	σ
Graf	8,43	0,58	0,33	-	-	0,0182
1	8,086	0,608	0,160	9,12	4	0,0095
2	0,734	4,554	-38,04	33,22	18	0,0123
3	7,622	0,626	0,148	5,21	5	0,0076
B&O	6,5	0,62	0,117	-	-	0,019

Modelo das esferas porosas

Método	P_e	f	P_{ee}	tempo	iter	σ
Graf	8,43	0,58	19,00	-	-	0,0301
1	11,849	0,488	34,18	31,93	13	0,0071
2	11,851	0,488	34,01	47,17	20	0,0071
3	11,638	0,496	33,33	12,16	10	0,0050
B&O	11,5	0,53	34,55	-	-	0,006

Modelo de difusão transversa na matriz

Método	P_e	f	P_{et}	tempo	iter	σ
Graf	8,43	0,58	3,80	-	-	0,0224
1	9,944	0,531	6,741	11,83	4	0,0081
2	9,938	0,531	6,746	22,73	9	0,0081
3	9,550	0,544	6,471	5,85	4	0,0063

Tabela 1.14

Teste 35 - injeção de banco

$$u = 4,6 \times 10^{-9} \text{ cm/s} \quad \beta = 0,357$$

$$N = 199$$

Modelo de Coats-Smith

Método	Pe	f	a	tempo	iter	σ
Graf	6,91	0,57	0,13	-	-	0,0117
1	8,701	0,545	0,237	14,67	5	0,0090
2	8,656	0,545	0,235	54,47	22	0,0090
3	7,648	0,571	0,191	4,73	4	0,0112
B&O	7,7	0,56	0,176	-	-	0,010

Modelo das esferas porosas

Método	Pe	f	Pe _s	tempo	iter	σ
Graf	6,91	0,57	51,10	-	-	0,0224
1	13,834	0,415	31,46	48,33	15	0,0053
2	16,996	0,383	26,03	110,40	35	0,0056
3	16,579	0,395	27,14	10,13	7	0,0111
B&O	12,0	0,49	38,10	-	-	0,006

Modelo de difusão transversa na matriz

Método	Pe	f	Pe _t	tempo	iter	σ
Graf	6,91	0,57	10,20	-	-	0,0179
1	11,818	0,449	5,228	30,00	9	0,0072
2	0,756	5,057	0,182	78,78	25	0,0094
3	10,674	0,470	5,675	8,48	6	0,0105

Observando os valores dos parâmetros obtidos pelo método gráfico nota-se, que eles tendem a se aproximar mais dos parâmetros ótimos de ajuste do modelo de Coats-Smith. Esta tendência aparece mais nas estimativas de P_e e f . Em alguns casos, contrariando o que foi visto anteriormente, a estimativa de P_{es} apresentou um erro menor que a estimativa de a . No geral, as estimativas feitas pelo método gráfico podem ser consideradas excelentes, sendo que algumas vezes foram melhores que os ajustes obtido por Bretz e Orr.

Comparando-se os resultados do método 1 com os do método 2, é visível a vantagem de se usar os resultados do método gráfico como estimativa inicial do ajuste não-linear. Na maioria dos casos o método 2 convergiu com um número muito maior de iterações (muitas vezes com mais do que o dobro de iterações), tendo convergido em alguns casos para valores sem nenhum significado físico (veja Tabelas 1.13 e 1.14). Somente para os casos em que o valor estimado, por uma coincidência fortuita, foi próximo dos valores ótimos é que o método convergiu com o mesmo número de iterações (ou com 1 iterações a menos) que o método 1.

Outro fato de grande importância foi o sucesso do método de deconvolução. Os valores dos parâmetros obtido com o ajuste não-linear dos dados deconvoluidos foram muito próximos aos valores do parâmetros obtidos com o ajuste não-linear dos dados originais. Podemos ver pelos gráficos dos dados deconvoluidos (apêndice C) que a instabilidade na porção final da curva em alguns testes foi maior do que em outros. A oscilação pode ser devida a três motivos: (i) erros nos dados do teste que são amplificados com a deconvolução; (ii) o volume do banco injetado é diferente do reportado; (iii) já existe difusão no banco antes de penetrar no testemunho. Provavelmente o que ocorreu foi uma combinação do três fatores.

Para comparar os tempos de execução dos testes e dos modelos foi feita uma tabela que fornece o tempo (em segundos) por iteração por número de observações para cada um dos modelos.

Tabela 1.15

Teste	Coats-Smith	Esferas Porosas	Difusão Transversa
36	0,561	0,816	0,808
37	0,688	0,747	0,803
38	0,524	0,761	0,687
24	0,791	0,939	0,983
25	0,758	1,039	1,018
26	0,789	1,000	0,997
33	0,754	0,977	0,939
34	0,744	0,931	0,966
35	0,744	0,920	0,914
t_1	0,591	0,775	0,766
t_2	0,763	0,968	0,970

t_1 - tempo médio para os testes de injeção contínua.
 t_2 - tempo médio para os testes de injeção de banco.

O método de Coats-Smith apresentou o menor tempo de execução de todos, enquanto que o modelo das esferas porosas e o de difusão transversa na matriz apresentaram praticamente o mesmo tempo de execução. Também houve um acréscimo de tempo significativo para todos os modelos quando o teste foi do tipo de injeção de banco. Apesar, dos tempos por iteração serem praticamente iguais para o modelo das esferas porosas e para o de difusão transversa na matriz, o primeiro convergiu mais lentamente, o que acarretou um tempo de execução total maior.

Finalmente, comparando-se os resultados do método 1 com os obtidos por Bretz e Orr vê-se que os desvios padrões do método 1, são na pior das hipóteses, iguais aos de Bretz e Orr. Infelizmente Bretz e Orr não reportaram o número de iterações nem o tempo total de execução, mas baseando-se na comparação entre os métodos 1 e 2 acredita-se que o método 1 deve convergir em menos iterações. Quanto ao tempo total de execução também acredita-se

que o método 1 seja mais rápido, pois o método utilizado por Bretz e Orr para eliminar a dispersão numérica das diferenças finitas requer intervalos de tempo pequenos ($\Delta\tau = 0,01$) e muitos blocos ($\cong 50$).

Em todos os testes, usando o método 1, o modelo das esferas porosas foi o que obteve o melhor ajuste, inclusive para os testes 28 e 33 que Bretz e Orr reportaram como uma exceção a esta regra. Como podemos ver foi um problema do método de interpretação utilizado por estes pesquisadores.

Os valores de P_e e f obtidos no ajuste do modelo de difusão transversa na matriz estiveram sempre entre os valores obtidos no ajuste dos outros dois modelos.

Em relação ao desvio padrão entre os dados e o modelo, o de Coats-Smith e o de difusão transversa na matriz obtiveram resultados muito parecidos.

1.4 - Conclusões

1 - O método gráfico de interpretação fornece boas estimativas de P_e , f , a e P_{et} . A estimativa de P_{es} apresenta erros maiores que a dos outros parâmetros.

2 - A utilização dos métodos gráficos em casos práticos fornece valores excelentes para serem utilizadas como estimativa inicial do ajuste não-linear. Esta prática provou ser muito vantajosa, pois diminui o número de iterações necessárias para se alcançar a convergência.

3 - O modelo das esferas porosas é o que apresenta maior sensibilidade quanto ao ponto de partida do ajuste não-linear, isto é, podemos obter vários conjuntos de parâmetros diferentes que ajustem os dados, a depender da estimativa com que iniciamos o ajuste não-linear. Neste caso, cresce a importância de se utilizar a estimativa gráfica como ponto de partida.

4 - No ajuste não-linear o modelo das esferas porosas converge bem mais lentamente que os outros modelos.

6 - A metodologia de interpretação proposta aqui é mais precisa que a utilizada por Bretz e Orr como se pode constatar pelos resultados.

7 - Para os testes interpretados o modelo que melhor ajustou os dados foi o modelo das esferas porosas. Os modelos de Coats-Smith e o de difusão transversa na matriz obtiveram resultados semelhantes quanto ao desvio padrão das observações com o modelo.

8 - O método de deconvolução aqui empregado produziu excelentes resultados como comprovam as estimativas feitas pelo método gráfico e os resultados do ajuste não-linear com os dados deconvoluídos.

2. AUTOMAÇÃO DE TESTES DE DESLOCAMENTO MISCÍVEL

2.1 - Introdução

O sucesso de um experimento depende da qualidade dos dados obtidos. Por causa disto é que métodos automáticos de medição e coleta de dados penetram cada vez mais no laboratório substituindo os sentidos humanos. A automação de laboratórios não visa eliminar a presença do homem no laboratório, mas sim livrá-lo da tediosa tarefa de leitura de instrumentos onde o erro de cada leitura é uma questão subjetiva, própria de cada indivíduo.

Este trabalho é uma tentativa pioneira no Brasil no sentido de automatizar testes de deslocamento miscível. Para isto foi montada uma aparelhagem para realizar testes de deslocamento miscível onde o sinal elétrico dos instrumentos de medição de concentração é enviado diretamente a um microcomputador que coleta essas informações e as guarda em disco. Paralelo a coleta de dados, o micro também pode fazer a interpretação dos dados que recebe, fornecendo uma estimativa dos parâmetros de fluxo miscível enquanto se processa o teste.

Espera-se que os erros e acertos desta experiência sirvam de referência para futuros trabalhos que venham a ser feitos neste campo.

2.2 - Descrição da Experiência

Aqui nesta seção descrevemos a montagem da experiência, os equipamentos, testemunhos e fluidos utilizados e discutimos os métodos de medição que foram usados, as vantagens e desvantagens de cada método.

2.2.1 - Sistema de Fluxo

O sistema de fluxo como podemos ver pela Figura 2.1 tem como partes principais uma bomba de vazão constante, duas garrafas que contêm os fluidos a serem injetados, uma válvula de três vias, o meio poroso, e finalmente, a célula de medição que contém os eletrodos.

Foi utilizada uma bomba alternativa de um pistão, com um mecanismo de compensação de pulsações.

Ambas as garrafas tem na sua parte interna uma camisa de borracha que as divide em dois compartimentos estanques. Em um dos compartimentos fica o fluido a ser injetado, no outro fica o fluido que está em contato com a bomba. A razão deste esquema é que a bomba não pode entrar em contato com soluções salinas, pois isto pode prejudicar os seus componentes.

A movimentação dos fluidos em um teste de deslocamento obedecia ao seguinte esquema:

Inicialmente, saturava-se 100% o testemunho com água destilada, sendo que uma das garrafas continha água destilada e a outra solução salina. Então, a bomba deslocava água destilada com fenol (para prevenir a formação de fungos e bactérias nos componentes da bomba), que por sua vez deslocava a solução salina (com a camisa de borracha agindo como um pistão), cuja garrafa estava alinhada com o testemunho através da válvula de três vias. Uma vez que a concentração do fluido na saída do testemunho atingisse a concentração da solução salina encerrava-se o teste. Após o encerramento do teste alinhava-se o testemunho com a garrafa da água destilada e deixava-se em fluxo até que o fluido na saída do testemunho não contivesse mais sal.

Aparentemente esta montagem permitiria uma vazão constante em todo o sistema igual a vazão nominal da bomba, mas

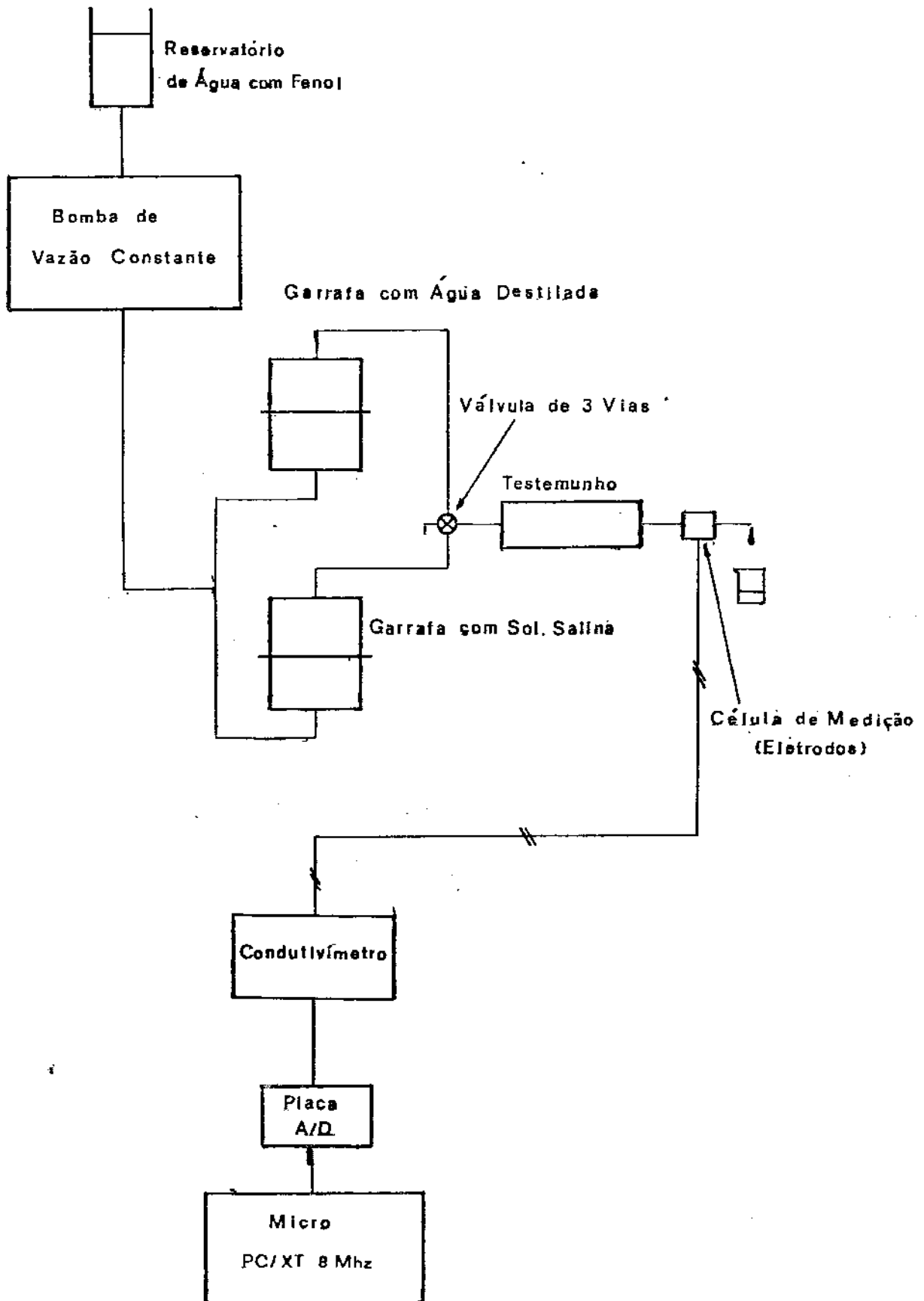


Fig. 2.1 - Esquema do Experimento de Deslocamento Miscível

isto não ocorreu. Havia um tempo de estabilização do fluxo, algo em torno de 5 a 10 minutos, e mesmo após a estabilização a vazão nunca atingia a vazão nominal marcada na bomba. Não se sabe ao certo a causa disto, pois todo cuidado foi tomado para prevenir vazamentos e formação de bolhas no sistema. Provavelmente, é um problema do conjunto bomba-garrafas. Pode ser que a camisa de borracha das garrafas exerça uma força adicional à jusante da bomba de modo que o mecanismo de controle de pressão e vazão da mesma leva um certo tempo até se ajustar a situação.

Sugere-se que em futuros trabalhos se troque este sistema de fluxo por outro mais simples e confiável como o utilizado por De La Rosa¹⁹ que não envolva a presença de equipamentos caros e complexos como bombas.

2.2.2 - Métodos de Medição

Foram utilizados três métodos para se determinar a composição do fluido na saída do testemunho: medida com eletrodos sensíveis a um determinado íon, medida de condutividade controlada através do micro e medida de condutividade com um condutímetro comercial. Todos os métodos apresentaram vantagens e desvantagens que estão relatadas a seguir.

2.2.2.1 - Medida de Concentração com Eletrodos Sensíveis a Íons:

Dos três métodos de medida de concentração utilizados nos experimentos com certeza este é o mais sofisticado.

O elemento primário de detecção neste método é um eletrodo que possui uma membrana sensível a um determinado íon. Um potencial é desenvolvido no eletrodo como resultado de um equilíbrio iônico entre a solução e a superfície da membrana. Este potencial é medido contra o potencial constante do eletrodo de referência gerando assim uma voltagem que pode ser expressa em termos de concentração do íon na solução. É um processo semelhante a medição de pH.

Na experiência foi utilizada uma solução de KI, e o eletrodo utilizado para a detecção do iodo foi o modelo 94-53 da Orion, sendo o eletrodo de referência o modelo 90-01 também da Orion. Os eletrodos estavam conectados a um medidor de pH com 0,2 mV de precisão. As saídas para registrador gráfico foram

conectadas a placa de conversão A/D do microcomputador.

A solução de KI foi escolhida porque é largamente usada como traçador na indústria de petróleo, não apresentando nenhum inconveniente tal como adsorção pela rocha.

Em todas amostras a serem medidas por este processo tem-se de adicionar um ajustador de força iônica (ISA) para tornar estável a resposta do eletrodo. Seguiu-se as instruções do manual do eletrodo que recomenda adicionar 2 ml de NaNO_3 5M para cada 100 ml de solução. Assim, foi adicionado NaNO_3 nesta mesma proporção em todos os fluidos que tomaram parte na experiência, inclusive na água destilada a ser injetada.

Foi usado o método direto de medição que consiste em comparar as leituras obtidas para a amostra com uma curva de calibração. Esta curva de calibração é obtida fazendo-se a leitura de várias soluções de concentração conhecida. A resposta do eletrodo mostrou ser linear com o logaritmo da concentração a partir de 1 ppm. Para valores de concentração abaixo deste a resposta deixa de ser linear, mas isto não foi problemático pois as soluções injetadas tinham 1000 ppm. Antes de cada teste a calibração era testada com uma solução padrão e se necessário uma nova calibração era feita. Normalmente, todos os dias tinha-se que refazer a calibração apesar da diferença entre uma e outra calibração ser pequena. Como a experiência não foi realizada em condições de temperatura controlada, uma das causas desta variação na curva de calibração deve ter sido a variação da temperatura ambiente.

A diferença de potencial dos eletrodos variava de ≈ 10 mV (baixas concentrações) a ≈ -300 mV (altas concentrações). Como a placa instalada no microcomputador para realizar a conversão do sinal analógico para digital tinha um faixa de medição de -5 V a +5 V, foi necessário amplificar o sinal do medidor de concentração para se obter uma melhor resolução. Mesmo com o sinal amplificado tivemos problemas de resolução para altas concentrações. Para concentrações acima de 800 ppm uma variação de 9,7 mV (que era a precisão da placa A/D) correspondia a uma variação de 30 ppm, o que fazia com que a porção final da curva de concentração na saída ficasse constituída de patamares. Este problema é grave, pois o formato da porção final da curva tem

grande influência na interpretação. Este problema seria minimizado caso tivesse sido utilizada uma placa A/D de maior resolução.

Outro problema verificado neste método foi o relativo ao tempo de resposta do eletrodo. Em condições normais, com a membrana limpa, o eletrodo leva 1 minuto para atingir 95% da resposta final. Como a nossa medição era em fluxo, isto causou um atraso nas respostas dependente da velocidade de escoamento e da concentração da amostra. Este atraso foi mais grave para concentrações mais altas, pois como relatado no parágrafo anterior, pequenos diferenciais de voltagem correspondiam a grandes variações na concentração. Talvez este problema pudesse ser solucionado caso a membrana do eletrodo possuísse menor área, podendo atingir mais rapidamente o equilíbrio iônico com a solução.

O tamanho dos eletrodos também fez com que a célula de medição tivesse um volume grande, o que não é desejável pois isto poderá causar uma dispersão adicional, além de outros problemas. O ideal é que sejam minimizados todos os volumes mortos do experimento, isto é, volumes de tubulações e conexões que não fazem parte do volume poroso do testemunho.

Finalmente, durante os testes surgiu outro problema que atrapalhou em muito a manipulação dos dados. Trata-se do caráter errático do sinal recebido pela placa (veja Fig. 2.9 e 2.11). Provavelmente, o sinal gerado pelos eletrodos apresenta uma pequena flutuação que o medidor de concentração não registra porque não tem sensibilidade suficiente para isto, mas quando o sinal passa pelo amplificador esta flutuação se torna visível. Caso fosse diminuída a frequência de leitura, o erro das mesmas teria sido muito grande. Então tem-se de usar um método de suavização de dados, o que complica o processo. O uso de um amplificador mais sofisticado com um filtro de ruídos com certeza diminuiria o problema, quiça resolve-lo.

Em vista de todos estes problemas resolveu-se tentar outros métodos de medição.

A grande vantagem deste método sobre os outros é que ele pode detectar um determinado íon em presença de outros.

2.2.2.2 - Medida de Condutividade Controlada pelo Microcomputador: Este método, apesar de não ter produzido os resultados desejados, é o mais viável para pesquisas sobre dispersão em meios porosos sob todos os ângulos. A idéia é utilizar a placa de conversão A/D, que também é capaz de transformar um sinal digital enviado pelo micro em um sinal analógico, no controle geral do processo de medida de condutividade.

A montagem usada nos experimentos está representada na Fig. 2.2 que pode ser representada pelo circuito elétrico da Fig. 2.3.

A placa comandada pelo micro envia um sinal em forma de onda quadrada para o eletrodo de platina passando pela resistência conhecida, R_0 . Como as soluções salinas usadas são fortemente iônicas, forma-se uma corrente entre o eletrodo e o T cuja magnitude vai depender da concentração de sal no fluido. Esta resistência variável, com a concentração, entre o eletrodo e o T vai provocar uma variação na voltagem medida no ponto 2. Novamente, pode-se fazer uma curva de calibração medindo-se a voltagem no ponto 2 para diversas soluções de concentração conhecida.

O motivo de se usar uma onda quadrada de voltagem alternada é impedir a deposição de íons do sal no eletrodo e nas paredes do T, o que iria afetar as medições ao longo do tempo.

Tanto neste método quanto no método que utiliza o condutivímetro comercial foram usadas soluções de NaCl. A idéia de se usar soluções de NaCl é que existem mais informações a respeito do comportamento da condutividade destas soluções em relação a mudanças na temperatura. Na prática, no entanto, preferiu-se refazer a calibração a usar uma mesma calibração em todos os testes e corrigir os valores de acordo com a temperatura.

Este método apresenta inúmeras vantagens entre elas a possibilidade de se ter vários pontos de medição sem a necessidade de se usar um medidor de pH ou um condutivímetro para cada ponto; a relação entre a voltagem medida e a concentração apresenta uma escala linear até 10000 ppm; não é necessário o uso de amplificadores; a célula de medição, ou seja, o conjunto

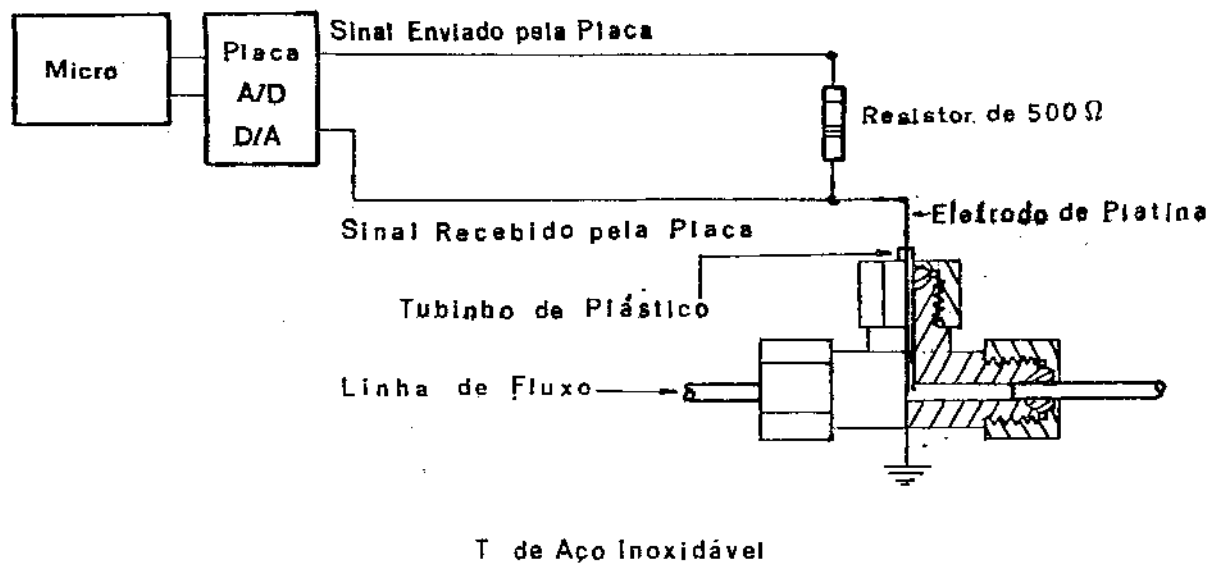


fig. 2.2 - Esquema da Medida de Condutividade Controlada pelo Micro

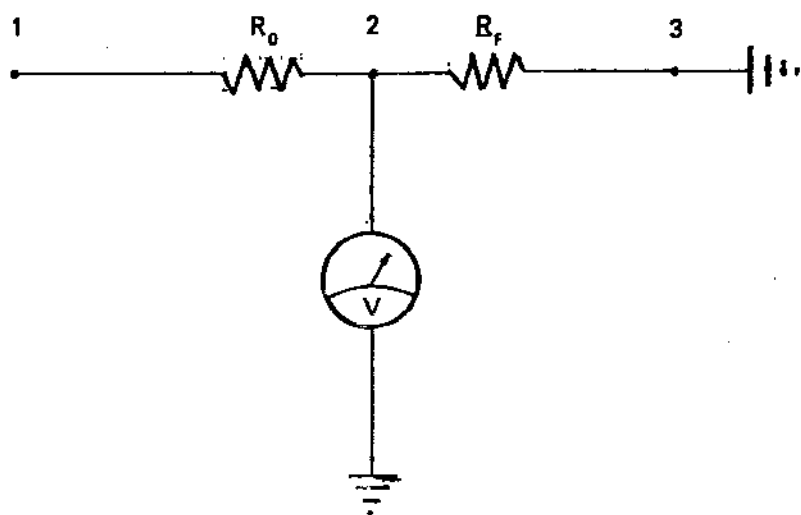


fig. 2.3 - Circuito Elétrico Representativo da fig. 2.2

eletrodo-T tem um pequeno volume.

Infelizmente, o método tão simples de ser concebido teoricamente, apresentou grandes dificuldades na prática.

Em primeiro lugar a montagem eletrodo-T foi bastante problemática. O eletrodo era constituído de um fio de platina e teve-se dificuldade para conseguir isolá-lo das paredes do T e manter uma geometria fixa. Mesmo assim as soluções encontradas não foram muito satisfatórias, e além disto exigiam uma manipulação muito cuidadosa do conjunto, principalmente no momento da calibração, e isto tornou o método extremamente trabalhoso de se usar na prática.

Nos testes realizados com este método foi aplicada uma onda quadrada com período de 2 segundos e uma amplitude de 5 V. Nestas condições para concentrações mais altas (>600 ppm) houve uma liberação de gás no eletrodo que prejudicou todas as medições, tanto na calibração quanto nos testes. Pensou-se em diminuir a amplitude do sinal, mas aí começa-se a ter problemas de resolução e ruído tal como no método anterior. Esta liberação de gás também pode estar ocorrendo por causa da geometria do eletrodo (concentração de cargas elétricas na ponta do fio de platina?).

Apesar dos problemas mencionados, deve-se fazer um esforço no sentido de superá-los e colocar o método em pleno funcionamento, pois suas vantagens econômicas e técnicas são muitas. Acredita-se que apenas a melhora do conjunto eletrodo-T no sentido de se obter uma configuração que nos garanta uma geometria mais fixa, irá eliminar 70% dos problemas que impediram o bom funcionamento do método.

2.2.2.3 - Medida de Condutividade com Condutivímetro Comercial:
Enfim, foi com este método que se conseguiu um maior sucesso no projeto de automação de testes de deslocamento miscível. Neste método foram usados um eletrodo e um condutivímetro comerciais, sendo que a placa A/D apenas coletava os sinais enviados pelo condutivímetro.

A grande desvantagem, também apresentada pelo método de eletrodos sensíveis a íons, é que o eletrodo e o condutivímetro são muito caros e precisa-se de um conjunto destes aparelhos para

cada ponto que se queira medir, o que torna inviável economicamente a medição em vários pontos simultaneamente.

O método, com excessão do fato mencionado acima e da célula de medição ter um volume grande, apresenta todas as vantagens do método anterior mais a facilidade de operação devido a construção mais sofisticada do eletrodo.

Mas nem tudo foi perfeito. O fato de não se ter trabalhado com temperatura controlada influenciou em muito a medida de condutividade. O efeito da temperatura já havia sido notado quando da aplicação do método de medição com eletrodos sensíveis a íons, mas numa escala muito menor, praticamente desprezível. Aqui uma diferença de 1 ou 2° C modificou em muito as medidas.

O método apresentou bons resultados, e com ele conseguiu-se tirar muitas conclusões a respeito do funcionamento do sistema como um todo, e também como era o objetivo primordial, obteve-se muitas informações sobre a dispersão nos testemunhos em que foram realizados os teste. Mas apesar do método ter funcionado bem, têm-se a convicção de que a medida de condutividade controlada pelo micro é o método indicado para se desenvolver pesquisas em deslocamento miscível, pois ele alia as vantagens do presente método com o fato de ser muito mais barato.

2.2.3 - Testemunhos

Tinha-se disponível para análises quatro testemunhos. Os testes preliminares do experimento foram realizados com um meio poroso de arenito não-consolidado. Esse testemunho foi logo abandonado, pois começou a produzir areia, o que poderia afetar as medidas, e também, o diâmetro interno do recipiente que continha o meio poroso era menor que 3 cm, o que de acordo com a literatura³ muda o comportamento da curva de concentração do efluente.

Os outros três testemunhos eram de arenitos consolidados. Dois pertenciam a formação Rio Bonito da Bacia do Paraná e o terceiro à formação Pojuca do campo de Miranga. A análise petrográfica dos testemunhos mostrou que eles eram bastante homogêneos. Assim, a curva de concentração do efluente para todos estes testemunhos foi analisada utilizando-se a equação da

convecção-dispersão.

Se por um lado fica-se limitado a apenas um modelo, por outro lado tem-se um maior controle sobre o experimento, pois já sabemos de antemão o formato dos resultados (ex.: a concentração para 1 vol. por. injetado deve ficar em torno de 0,5).

Praticamente, só foi utilizado o testemunho 1, pois não foi possível obter uma boa estimativa do volume poroso do testemunho 2 devido a problemas na hora de se fazer vácuo no mesmo, e o testemunho do campo de Miranga estava impregnado com sal da formação, o que prejudicou as medições.

O encapsulamento destes testemunhos foi realizado da maneira tradicional, isto é, totalmente envolvidos por uma resina epoxi, tendo um pequeno tubo de aço de $\frac{1}{8}$ " de diâmetro com aproximadamente 13 cm de comprimento ligado a cada uma das extremidades do testemunho. Este tipo de encapsulamento foi satisfatório, mas aconselha-se diminuir tanto quanto possível o comprimento dos tubos nas próximas ocasiões.

Foram realizadas no CENPES descrições petrográficas de lâminas delgadas proveniente dos testemunhos (veja a referência 14). Nestas análises ficou evidenciado que as amostras da formação Rio Bonito possuem poros regularmente selecionados, com boa comunicação entre si e com uma porosidade que variou de 20 a 26% a depender da amostra. No caso do testemunho 1, que foi utilizado em quase todos os testes, a porosidade da lâmina concorda razoavelmente com o valor obtido com o vácuo. Já no caso do testemunho 2 as porosidades obtidas com um e outro método foram bastante diferentes, fato que corrobora as suspeitas de que houveram problemas no momento de se fazer vácuo no testemunho 2.

O testemunho do campo de Miranga era constituído de 2 plugs retirados de diferentes profundidades. Isto já é um fator que pode influenciar no comportamento do fluxo miscível. Além disto a análise petrográfica de cada uma das amostras evidenciou algumas diferenças entre os plugs, sendo a principal a presença em somente uma das amostras de uma "pseudo-matriz", o que confere a porosidade da amostra um característica heterogênea. Infelizmente não foi possível realizar testes em cima deste testemunho por causa da presença de sal da formação no mesmo.

Tabela 2.1

Testemunho	L (cm)	Diam. (cm)	ϕ^* (%)	ϕ^{**} (%)	k (mD)
1	15,40	3,76	22,6	20,0	150,71
2	17,30	3,80	20,0	25,0	498,85
3	16,00	3,75	21,1	21,0	41,17

* - Porosidade obtida pela diferença de peso do testemunho vazio e do testemunho saturado com água destilada.

** - Porosidade obtida pela contagem da área dos poros na lâmina (no caso do testemunho 3 este valor corresponde a média dos dois plugs).

2.3 - Programa de Aquisição e Interpretação de Dados

A placa utilizada na conversão de dados analógicos para digitais possui entradas para 16 canais A/D e saídas de 2 canais D/A. A conversão dos dados analógicos para digital é de 10 bits, isto é, o sinal analógico de -5 V a +5 V é transformado em um sinal digital com tamanho de 10 bits (1024 posições), isto nos dá uma resolução de aproximadamente 9,7 mV. Existiam no mercado placas que faziam esta conversão em 12 bits, o que nos dá uma resolução 4 vezes maior, mas decidiu-se pela aquisição da placa de 10 bits porque além de ser mais barata, o fabricante também fornecia programas para aquisição de dados o que nesta fase inicial de pesquisas era essencial.

A placa é ligada a um dos conectores de expansão do micro (para um diagrama completo dos endereços da placa veja a ref. 15). A coleta e conversão de dados pode ser feita por acesso direto a memória (DMA) ou através de interrupções. A conversão através de DMA é mais utilizada quando se deseja altas taxas de coleta de dados, o processo se realiza sem a intervenção do microprocessador. Na coleta através de interrupções, o controle se processa através de um programa que é ativado por um pedido de interrupção requisitado por um dos contadores da placa. É um processo mais lento que a coleta por DMA, mas que permite um maior controle do momento da coleta, o que é muito importante na monitoração de eventos em tempo real como é o caso.

A partir de programas exemplos fornecidos pelo fabricante foi desenvolvido um programa em Pascal que realiza a coleta, visualização e interpretação de dados de concentração do efluente de testes de deslocamento miscível em tempo real, cujo fluxograma está representado na Fig. 2.4.

O programa tem uma estrutura modular e é de fácil compreensão. Inicialmente, precisa-se entrar com alguns dados tais como título, volume poroso, vazão e etc. Como mencionado anteriormente teve-se problemas com o controle da vazão e isto prejudicou a interpretação em tempo real, pois se na entrada de dados fosse colocada uma vazão de $0,5 \text{ cm}^3/\text{min}$ e no final do teste fosse constatado que a bomba nos forneceu apenas

0,45 cm³/min. haveria um erro de 10% no cálculo do volume de poros injetado e isto afetaria a estimativa dos parâmetros.

Após a entrada de dados e a inicialização de variáveis, os contadores da placa são programados, sendo colocado nos registradores de endereço da interrupção 2 o endereço da subrotina de interrupção. Então são desenhadas duas janelas gráficas, uma correspondente ao gráfico de $F_D \times \tau$ e a outra ao gráfico $\sqrt{\tau} \operatorname{erf}^{-1}(2 F_D - 1) \times \tau$. As linhas de grid correspondem a $0,5 \tau$ (A Fig. 2.5 mostra uma cópia da tela principal do programa). Logo após é ativada a interrupção 2.

Finalmente, chegamos ao laço principal do programa. Nesta parte o programa fica num "loop" onde são plotados os pontos nos gráficos e é feita uma leitura no teclado. Existem quatro teclas de controle do programa. A tecla F1 inicia a coleta de dados, F10 encerra a coleta de dados, F5 entra na subrotina de estimar a reta de curto tempo, e finalmente, com F6 entra-se na subrotina de estimar a reta de longo tempo.

Quando o meio poroso é homogêneo utiliza-se F5 para fazer a estimativa de P_e . Quando se entra nas rotinas de interpretação é necessário fornecer-se os limites em termos de τ por onde se quer traçar a reta. A entrada destes limites não ecoa na tela, sendo que por isso recomenda-se cautela na hora de fornecer estes dados. Após o término da digitação do limite inferior ou superior deve-se teclar INS para completar a operação, e não ENTER. A estimativa dos parâmetros segue o procedimento da seção 1.2.5.1.

Paralelo à execução do laço principal o programa entra na rotina de interrupção em intervalos regulares. A frequência da coleta de dados é dada pela variável PreEscAux que está ajustada para realizar 1 coleta por segundo. Para modificar este valor tem-se de fazer a mudança no corpo do programa.

Após o encerramento da coleta de dados, estes dados são gravados em um arquivo de disco (nomearquivo.BIN), e em outro arquivo (nomearquivo.PAR) são gravadas as informações a respeito do teste, tais como título, volume poroso, vazão, parâmetros estimados e etc.

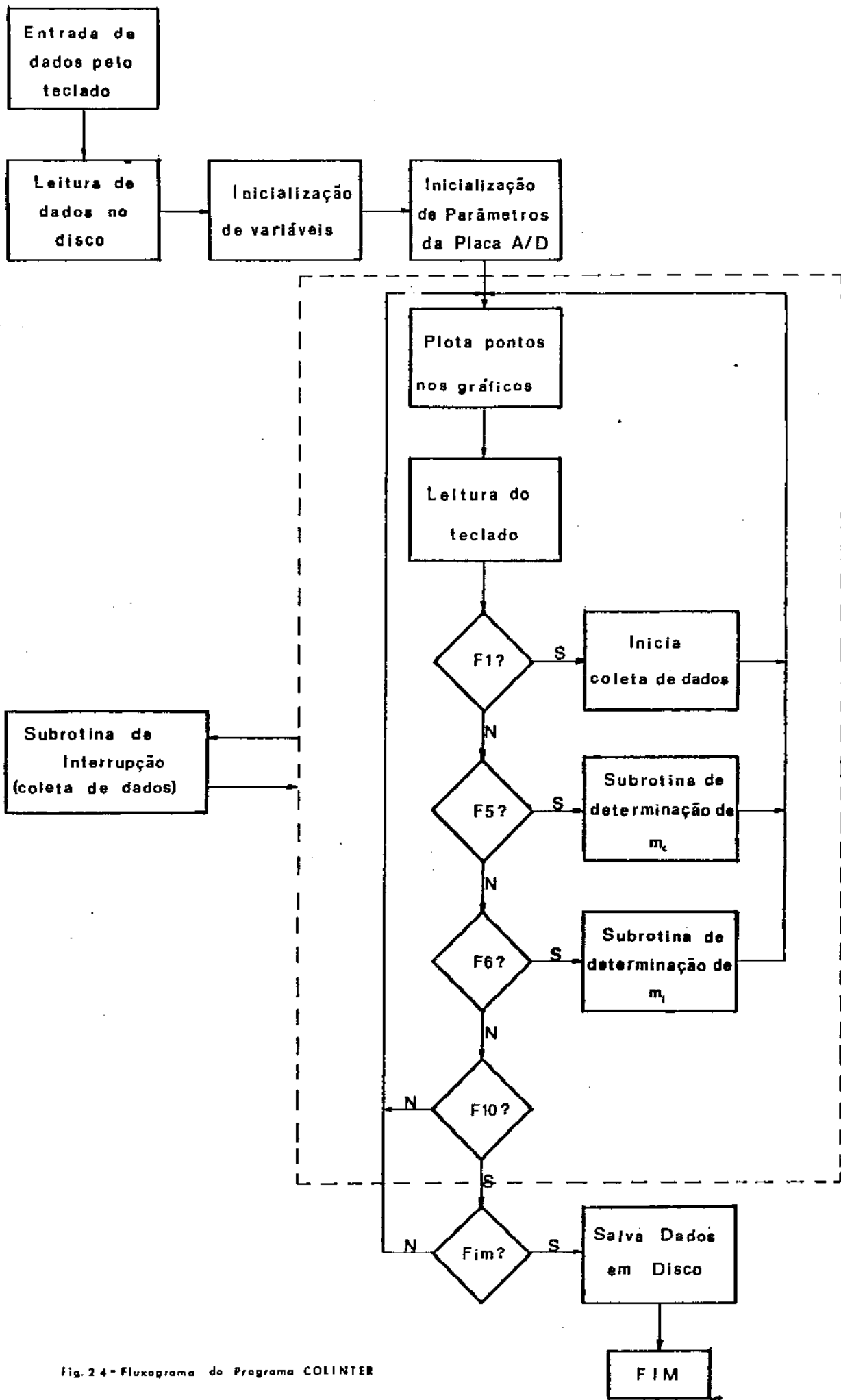


Fig. 2.4 - Fluxograma do Programa COLINTER

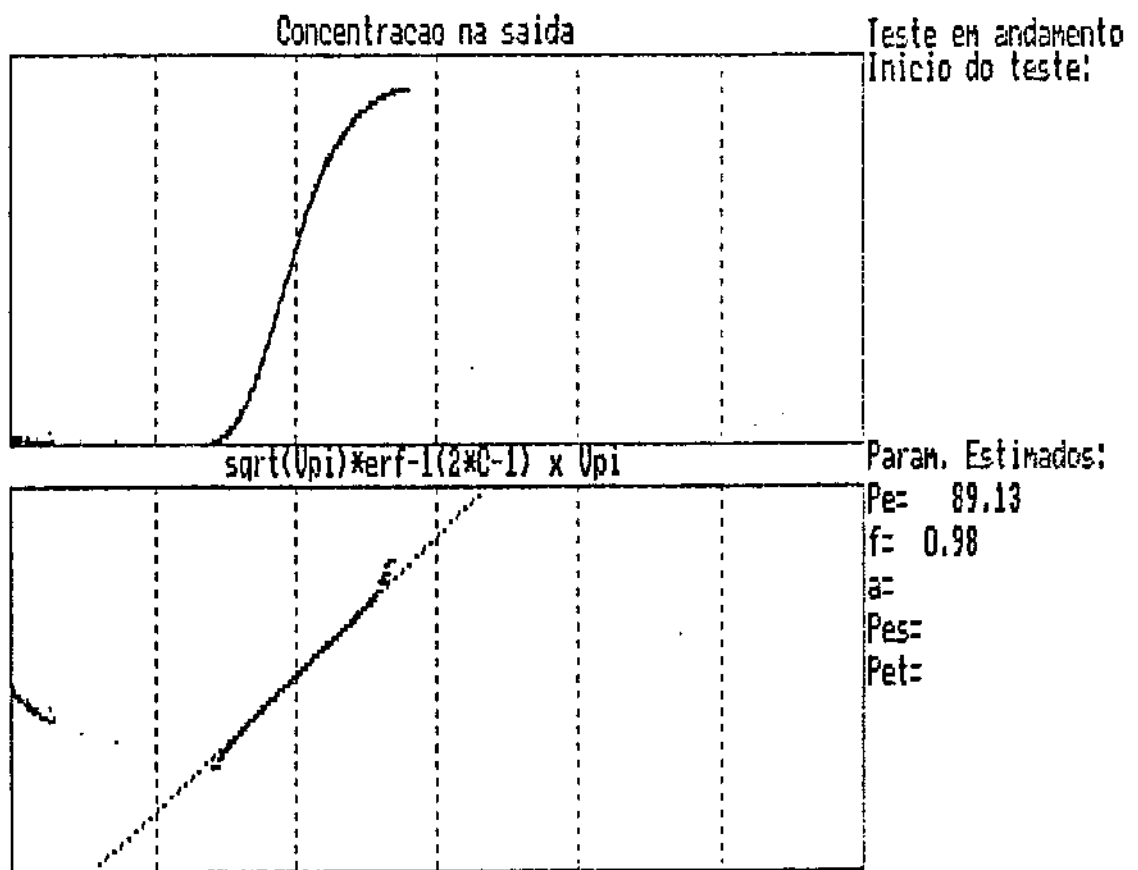


fig. 2.5 - Tela principal do programa COLINTER

2.4. - Resultados

Foram realizados 29 testes completos, onde cada teste completo consistiu de um teste de injeção contínua de solução salina no testemunho inicialmente saturado com água, e logo após, de um teste de injeção contínua de água no testemunho saturado com solução salina. Então, na realidade, houve 58 testes de injeção contínua. Os testes com sufixo R foram os testes de injeção contínua de água. Além destes, também foi realizado um teste de injeção de banco (teste 28).

Alguns destes testes foram falhos por motivos diversos (quedas de energia elétrica, vazamentos, etc), por isso não constam nas tabelas e gráficos.

Pode-se dizer que os testes estão divididos em três fases: a primeira que compreende os testes de 1 a 11, a segunda que compreende os testes de 12 a 28, e finalmente a última que abrange os testes 29 e 30.

A primeira fase foi uma fase inicial onde estava-se tomando contato com os equipamentos, com a metodologia de testes e preparo de soluções, e com o programa de coleta de dados. Nesta fase não houve grande preocupação com a vazão fornecida pela bomba, confiou-se excessivamente no marcador de vazão da mesma, por isto mesmo houve erros na escala do tempo, principalmente para as vazões mais alta ($1 \text{ cm}^3/\text{min}$). Também nesta fase houve problemas com o programa de coleta de dados. Nas primeiras versões do programa, fazia-se de minuto em minuto uma média das leituras dos eletrodos. Essa média era guardada na memória para posterior gravação em disco. Esse procedimento impediu a visualização do ruído do método de eletrodo sensíveis a íons, e também, ocasionou um deslocamento da curva de concentração do efluente para a esquerda.

O programa adotava uma política de medição de tempo e processamento de imagens totalmente diferente da versão final explicada na seção 2.3. A cada chamada da rotina de interrupção era feita uma leitura do relógio do micro, e todo o tratamento de imagens (colocação de pontos e mensagens na tela) era feito dentro da subrotina de interrupção. Isto nos levou a erros na

medição do tempo que fez com que se tivesse que mudar totalmente a estrutura do programa.

Todos estes problemas invalidaram os testes no sentido de se obter informações quantitativas a respeito da dispersão nos testemunhos, mas com eles pode-se tirar várias conclusões a respeito dos métodos de medição de concentração e do funcionamento do sistema.

Nos testes de 1 a 5 foi utilizado o método de medida de concentração com eletrodos sensíveis ao Iodo e nos testes de 6 a 10 foi usado a medida de condutividade controlada pelo micro.

Nota-se pela Fig. 2.6 que os pontos, apesar de representarem a média das leituras em 1 minuto, tem uma variabilidade grande e o crescimento da concentração se dá por patamares para valores próximos de C_p igual a 1. Pode-se ver neste gráfico o comportamento anômalo do teste 5, o único feito com o testemunho do campo de Miranga. Provavelmente, o que ocorreu foi uma interferência do sal da formação na resposta dos eletrodos.

Na Fig. 2.7 vê-se os testes de injeção contínua de água. Estes testes tiveram um comportamento semelhante aos testes equivalentes de injeção de solução salina, mas não foram idênticos como era de se esperar. Este comportamento também foi notado por Johns¹⁶.

Na Fig. 2.8 tem-se os resultados dos testes com medida de condutividade controlada pelo micro. Nota-se também o crescimento por patamares para altas concentrações. Isto ocorreu porque foi injetada uma solução de NaCl de 40000 ppm, e nesta faixa de concentração obteve-se um melhor ajuste da curva de calibração usando-se uma escala logarítmica para a concentração. O uso de uma solução salina de tão alta concentração foi uma tentativa de alargar a faixa de medição de voltagem, e de fato obteve-se leituras que variaram de 4,5 V a 1,4 V. Infelizmente, a escala logarítmica da curva de calibração para esta faixa de concentrações invalidou a tentativa. Como veremos a seguir é melhor trabalhar com uma faixa de medição de voltagem mais reduzida e com uma curva de calibração que varie linearmente com a concentração.

Outro fato relevante foi a boa concordância dos testes 6

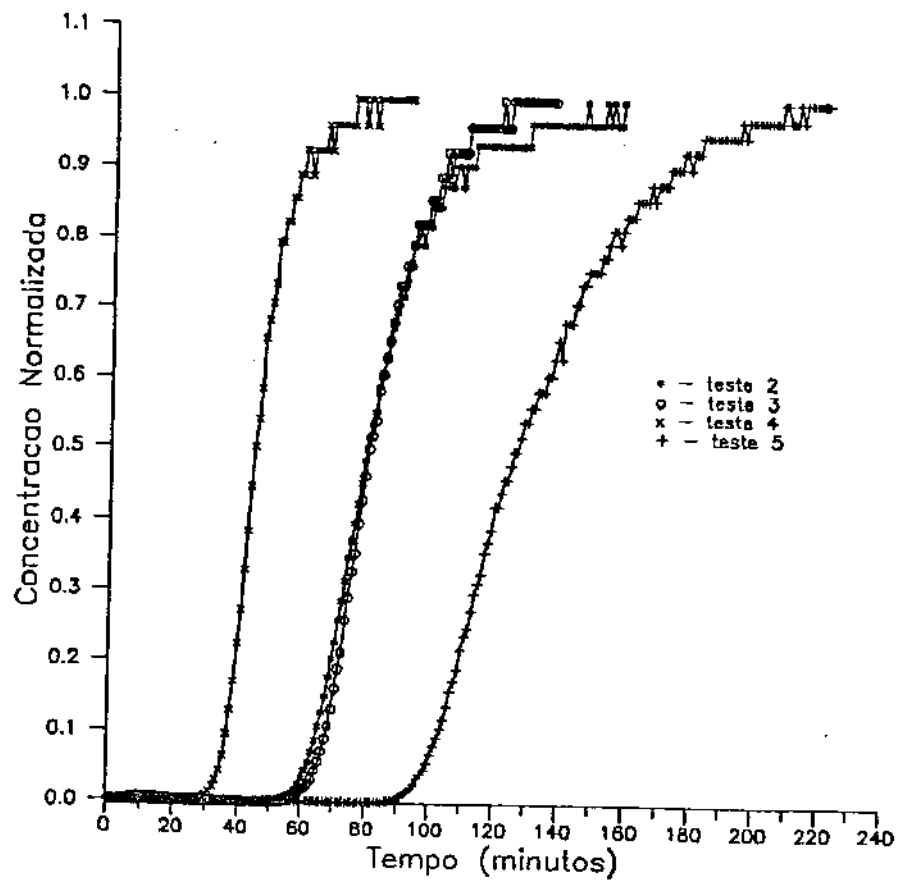


figura 2.8

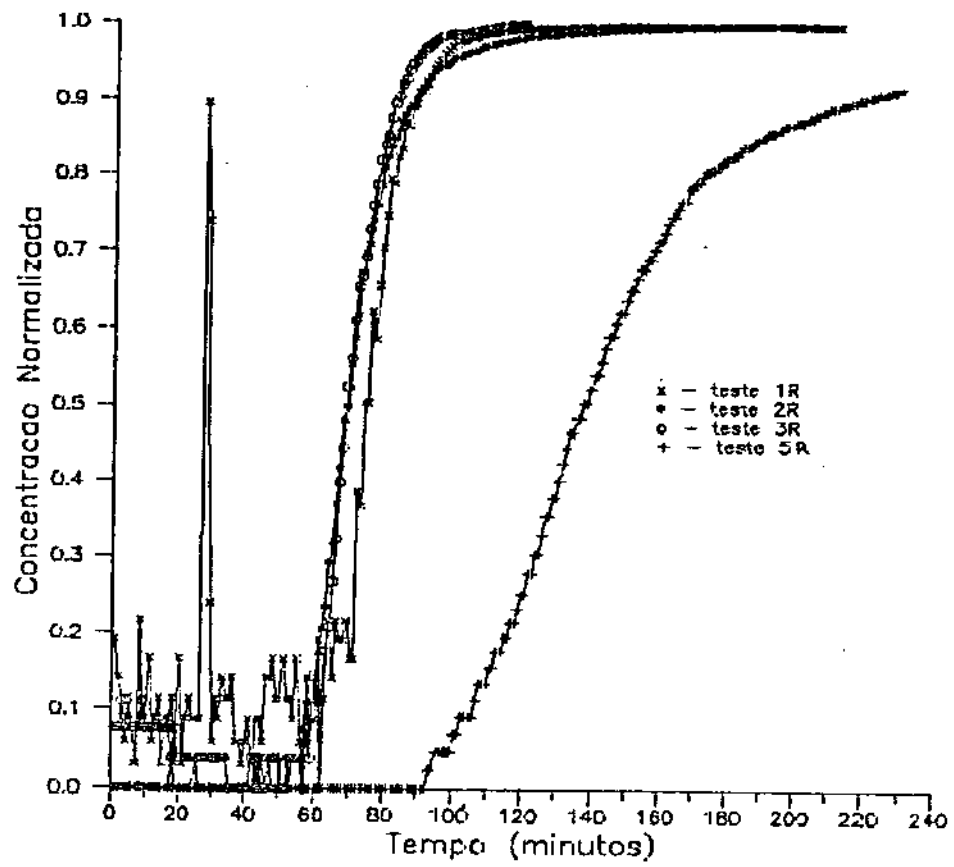


figura 2.7

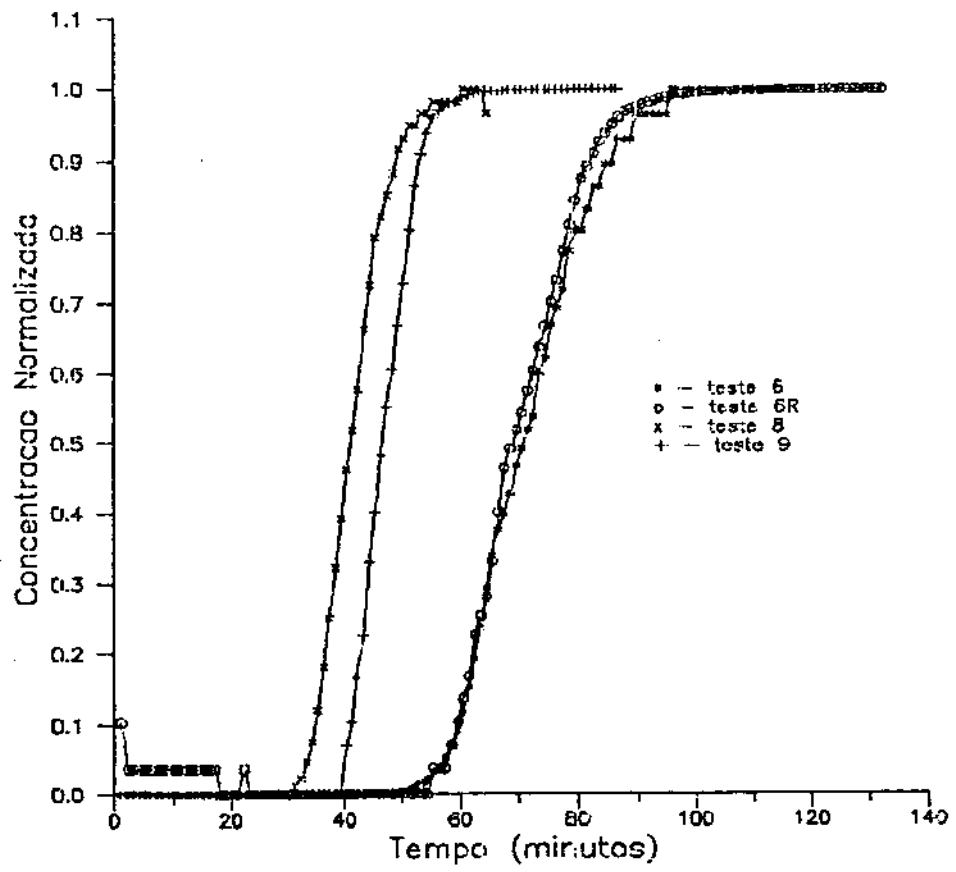


figura 2.8

e 6R, mostrando que a diferença entre os testes de injeção de solução salina e injeção salina ocorridos nos testes com os eletrodos sensíveis ao Iodo pode não ter sido devida ao meio poroso, e sim a um problema de medição.

Nos testes da segunda fase foi utilizado para a coleta de dados um programa fornecido pelo fabricante da placa. A coleta de dados foi feita a cada segundo para vazões de injeção maiores ou iguais a $1 \text{ cm}^3/\text{min}$ e a cada 2 segundos para vazões menores ou iguais a $0,5 \text{ cm}^3/\text{min}$.

Nos testes 12 e 13 a medição se deu com eletrodos sensíveis ao Iodo e no restante dos testes a concentração foi medida com o condutivímetro comercial.

Nesta fase ficou bem evidenciado o ruído inerente a medição com eletrodos sensíveis ao Iodo. Nas Fig. 2.9 e 2.10 a escala das ordenadas dos gráficos está em termos da leitura digital da placa enquanto que nas Fig. 2.11 e 2.12 a escala das ordenadas já está em termos de concentração. Pode-se ver que a variação da leitura digital é constante e em torno de 20 (correspondente a 194 mV) para todo o teste, em contrapartida, a variação da concentração, por causa da escala logarítmica, aumenta consideravelmente para altas concentrações. Isto explica a maior variabilidade dos dados para altas concentrações nos testes da fase anterior.

O processo de eliminação destes ruídos não é tão simples quanto parece, pois a curva pode se modificar se a suavização dos dados for mal feita. No caso a suavização foi feita tomando-se a mediana de cada ponto em torno de uma vizinhança variável. Quando se toma uma vizinhança de 15 pontos a curva suavizada acompanha mais a nuvem de pontos original, mas a variabilidade ainda é bastante grande. Quando se toma uma vizinhança maior, 30, 60 pontos, a curva suavizada é mais regular, mas esta curva começa a divergir do formato da nuvem original cada vez mais. Pode-se tentar outros métodos de suavização de curvas, mas quanto mais sofisticados mais tempo eles irão consumir para regularizar a curva. Os testes 12R, 13 e 13R tiveram resultados semelhantes.

Apesar de se achar necessário a realização de mais testes para comprovar estes resultados, pelo que foi visto até agora a medida de concentração com eletrodos sensíveis à ions não é um

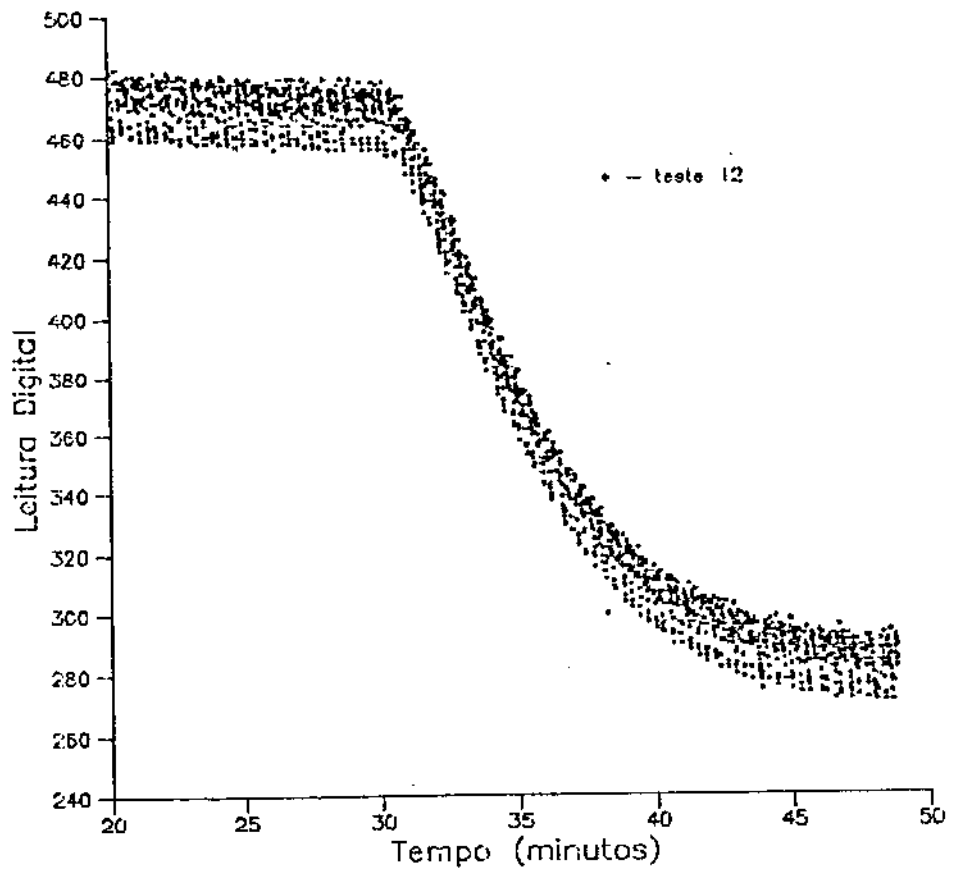


figura 2.9

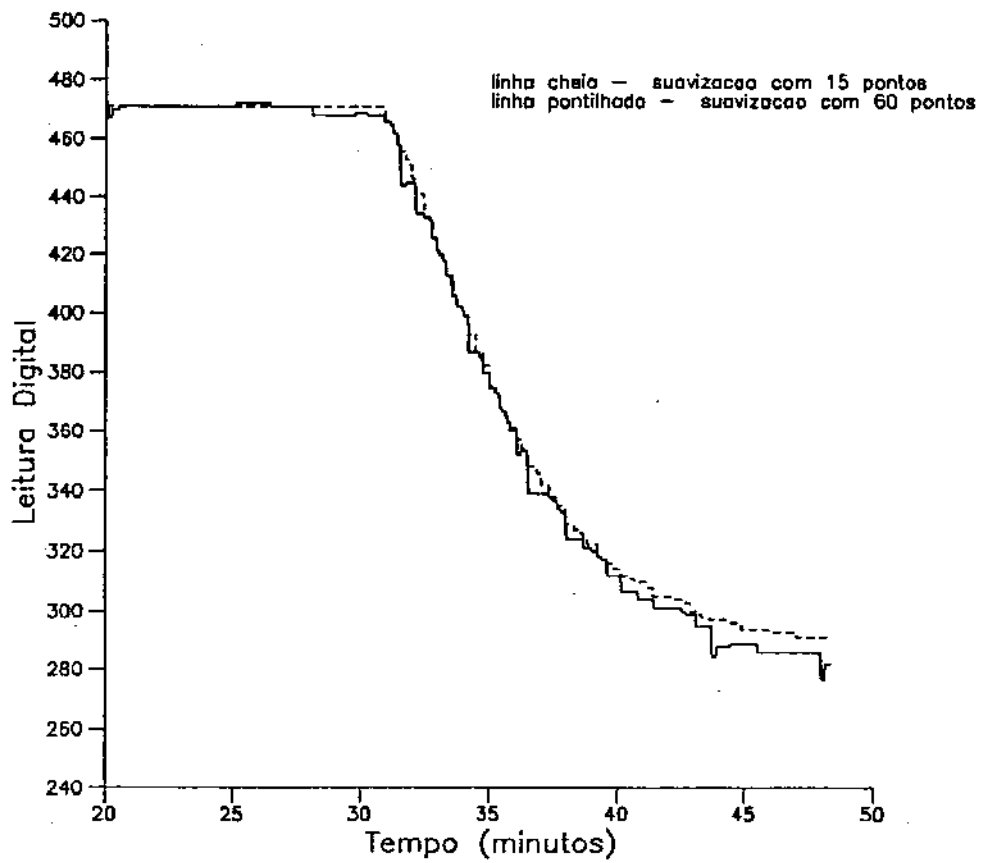


figura 2.10

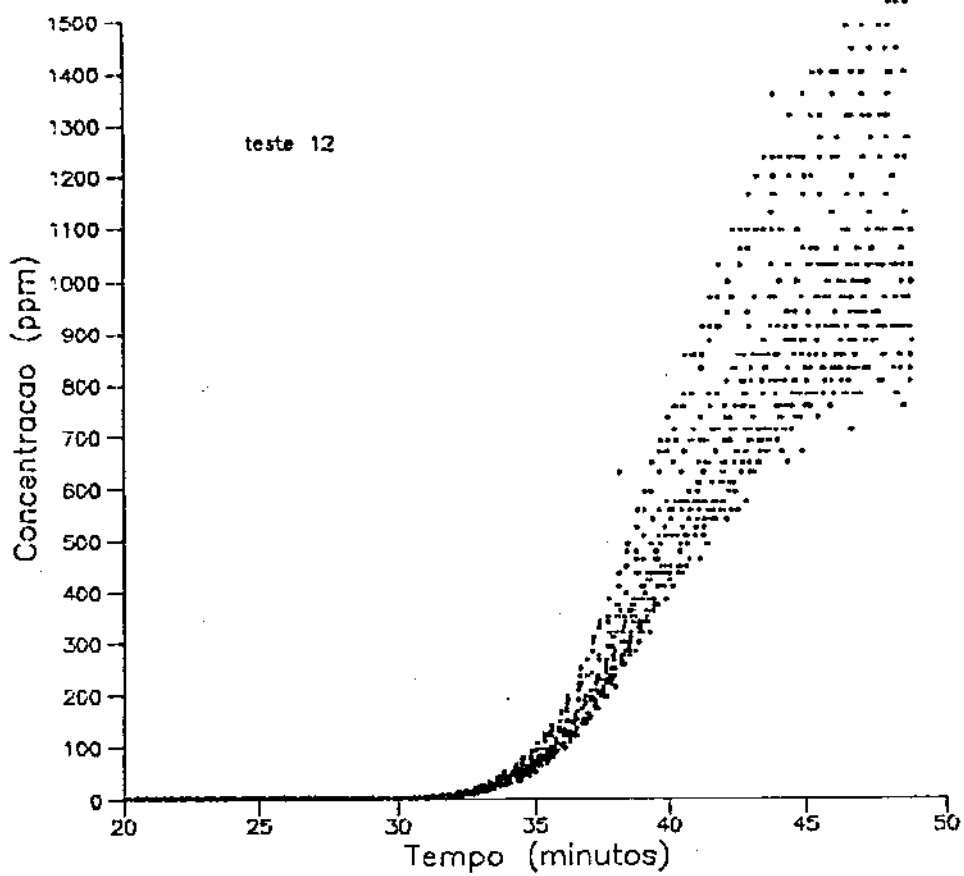


figura 2.11

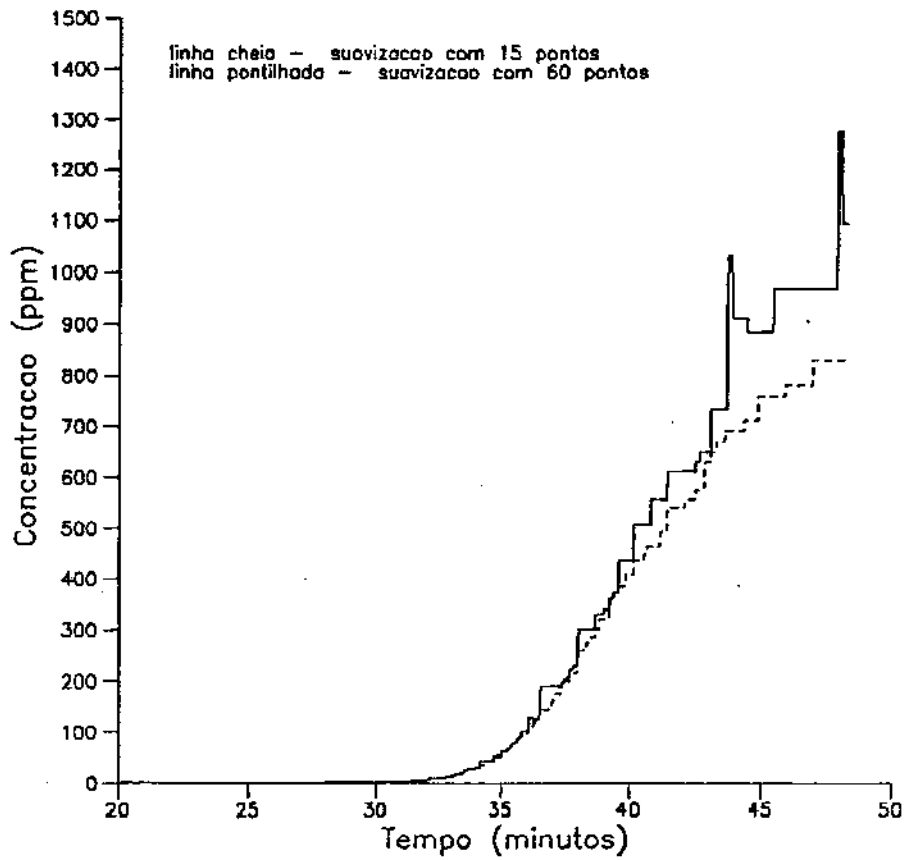


figura 2.12

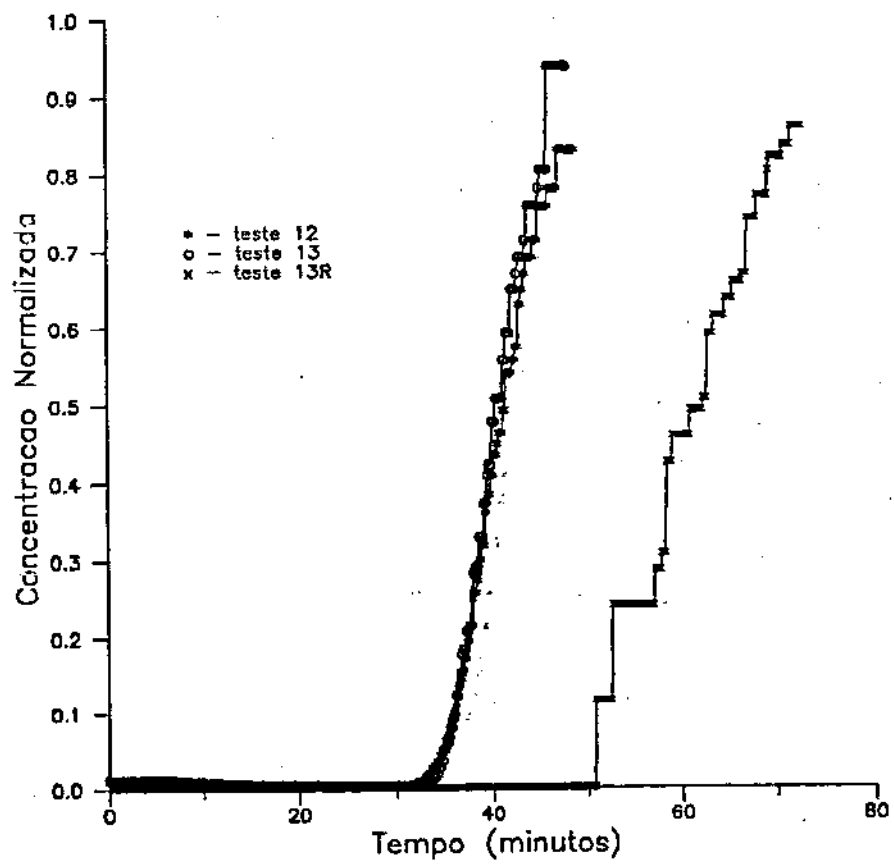


figura 2.13

método adequado para ser usado em um projeto de automação de testes de deslocamento miscível.

Todos os testes restantes desta fase, e também da terceira fase, foram realizados com o condutivímetro comercial. A facilidade de manuseio dos eletrodos e do método de medição em si permitiu que fossem realizados vários testes.

Nos testes de 15 a 20 não foi utilizada a válvula de 3 vias, sendo que a tubulação ia direto da garrafa que continha o fluido a ser injetado para o testemunho. Nos testes de 21 a 28 foi usada a válvula de 3 vias. A primeira vista pode parecer indiferente o uso ou não da válvula, mas houve uma diferença substancial nos resultados.

Em todos os testes realizados com a válvula a concentração na saída para 1 volume de poros injetado ficou abaixo de 1, e também, ficaram definidas duas retas nos gráficos de $\sqrt{t} \operatorname{erf}^{-1}(2F_D - 1) \times t$ (veja apêndice D). Poderia-se tomar este último fato como uma indicação da heterogeneidade do meio poroso, mas viu-se pela análise petrográfica que o testemunho usado nos testes é bastante homogêneo, e além disto, só ficou definida uma reta nos gráficos dos testes de 15 a 20. A explicação encontrada para este problema foi que houve uma dispersão da frente de avanço antes da mesma entrar no testemunho. Isto pode ser comprovado pela Figura 2.14 que nos mostra a curva de concentração após a válvula de 3 vias. Só para se ter certeza disto simulou-se a curva de concentração na saída de um meio poroso homogêneo tendo como curva de concentração na entrada uma função do tipo $\operatorname{erfc}(0.03/\sqrt{t})$ ao invés de uma função degrau unitário. Os resultados estão mostrados nas Figuras 2.15 e 2.16. Pode-se ver que o comportamento das curvas é semelhante às dos testes realizados com a válvula.

Pode-se notar pelos gráficos do apêndice D que os resultados dos testes de injeção contínua de água foram mais afetados por este problema, inclusive este comportamento se estendeu aos testes feitos sem a válvula. De fato, na Figura 2.14 pode-se notar que houve uma maior dispersão no caso de deslocamento de solução salina com água. Teoricamente não deveria haver diferença entre se deslocar a solução salina com água e vice-versa. Esta diferença de comportamento já tinha sido

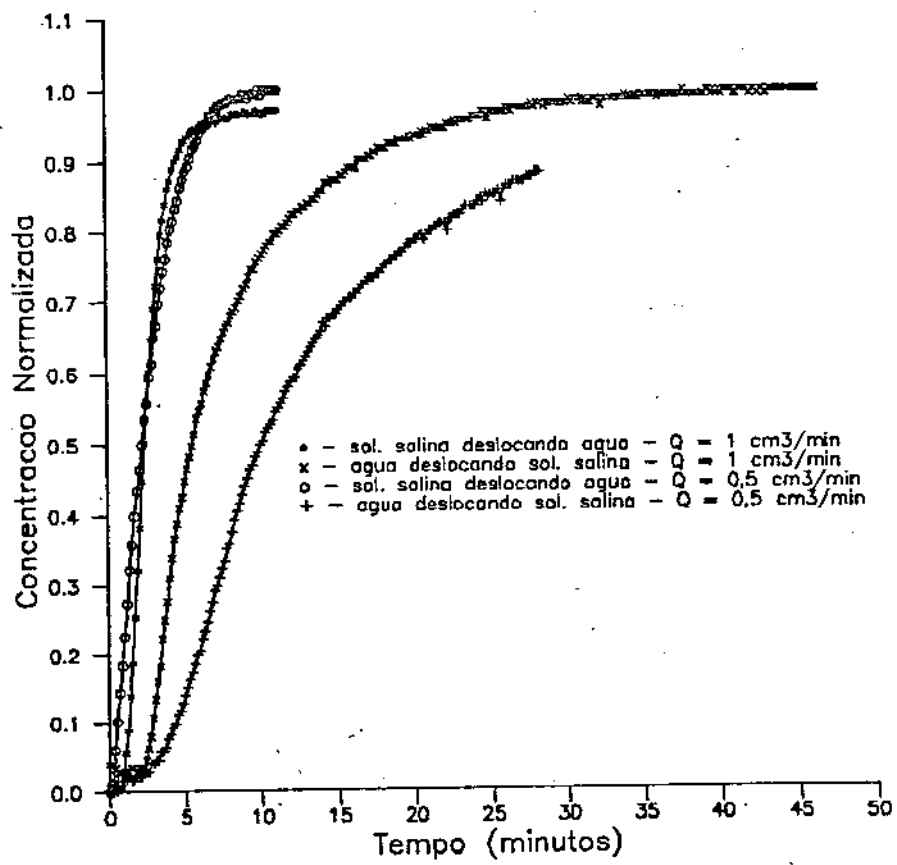


figura 2.14

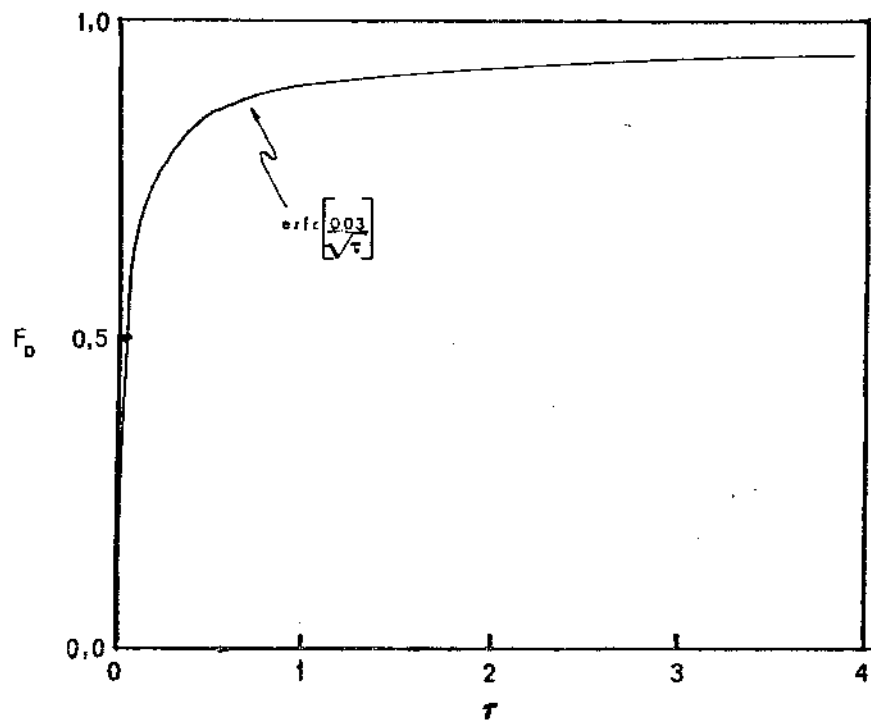


Fig. 2.15 - Concentração na Entrada

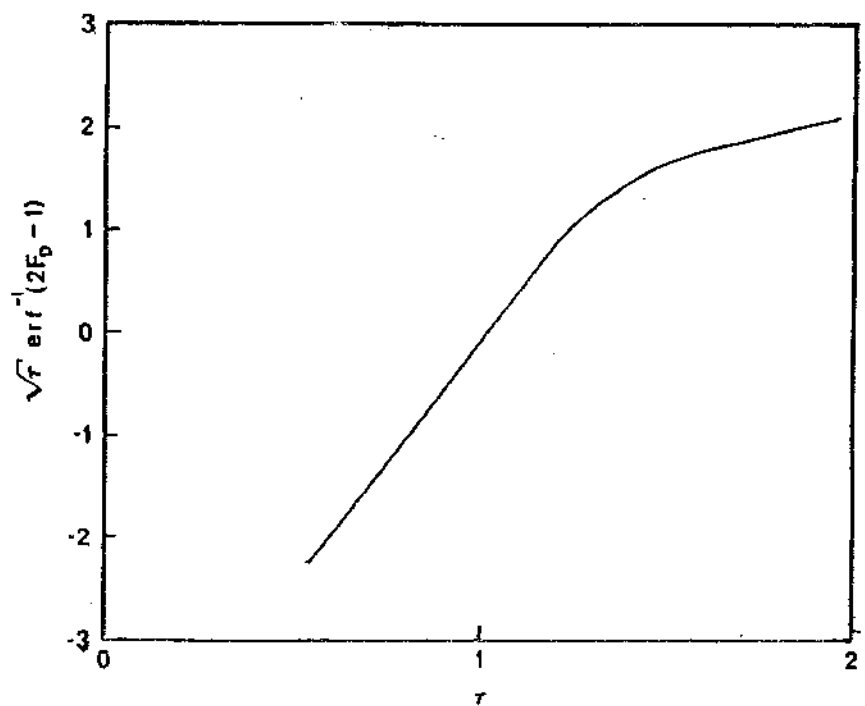


Fig. 2.16 - Concentração na Saída no Caso de a Concentração na Entrada ser do tipo da fig. 2.15

observada quando foi usado o método dos eletrodos sensíveis à ions, e inclusive por outros autores¹⁶. Acha-se que isto se deve a um problema de medição, provavelmente causado pelo grande volume da célula de medição, pois para o método de condutividade controlada pelo micro não se notou este tipo de comportamento.

Esta diferença entre a injeção de água e a injeção de solução salina inviabilizou a realização de testes do tipo de injeção de banco, pois estes testes necessariamente tem de usar a válvula. Pode-se ver pela Figura 2.22 que a curva de concentração do efluente ficou com um aspecto assimétrico e não conseguiu-se interpretar estes dados com nenhum dos modelos disponíveis. Para eliminar os problemas causados pela dispersão da frente de avanço antes dela entrar no testemunho, ou pelo menos minimizá-la, devia-se utilizar válvulas com o menor volume possível (a que foi utilizada tinha um volume em torno de 4 cm³) e/ou fazer uma medição simultânea da concentração do fluido na entrada e na saída do testemunho e deconvoluir estes dados para se obter a resposta equivalente a uma injeção do tipo degrau unitário. A tabela a seguir mostra os resultados da interpretação dos testes:

Tabela 2.2

Teste	Q cm ³ /min	u cm/s	D cm ² /s	Pe	σ
15	0,81	5,37x10 ⁻³	5,76x10 ⁻⁴	143,68	0,0159
16	0,80	5,30x10 ⁻³	4,76x10 ⁻⁴	171,51	0,0147
17	1,35	8,96x10 ⁻³	7,73x10 ⁻⁴	178,46	0,0081
18	0,44	2,92x10 ⁻³	3,22x10 ⁻⁴	139,53	0,0153
19	1,15	7,63x10 ⁻³	5,49x10 ⁻⁴	213,80	0,0106
20	0,39	2,58x10 ⁻³	2,42x10 ⁻⁴	164,34	0,0140
15R	0,93	6,17x10 ⁻³	5,18x10 ⁻⁴	183,49	0,0131
16R	0,93	6,17x10 ⁻³	4,13x10 ⁻⁴	229,98	0,0766
17R	1,44	9,55x10 ⁻³	5,10x10 ⁻⁴	288,49	0,0164

Tabela 2.2 (cont.)

Teste	Q cm ³ /min	u cm/s	D cm ² /s	Pe	σ
18R	0,60	$3,98 \times 10^{-3}$	$3,81 \times 10^{-4}$	160,93	0,0160
19R	1,35	$8,96 \times 10^{-3}$	$4,74 \times 10^{-4}$	290,60	0,0156
20R	0,46	$3,05 \times 10^{-3}$	$1,88 \times 10^{-4}$	249,61	0,0173
21	1,94	$1,23 \times 10^{-2}$	$2,50 \times 10^{-3}$	79,26	0,0785
22	1,23	$8,16 \times 10^{-3}$	$1,72 \times 10^{-3}$	72,76	0,0413
22	0,63	$4,18 \times 10^{-3}$	$8,35 \times 10^{-4}$	77,09	0,0365
24	0,42	$2,78 \times 10^{-3}$	$2,86 \times 10^{-4}$	149,94	0,0324
25	0,98	$6,50 \times 10^{-3}$	$1,10 \times 10^{-3}$	90,48	0,0402
26	1,01	$6,70 \times 10^{-3}$	$1,20 \times 10^{-3}$	85,44	0,0378
27	0,53	$3,51 \times 10^{-3}$	$6,76 \times 10^{-4}$	80,08	0,0457
21R	1,93	$1,28 \times 10^{-2}$	$1,73 \times 10^{-3}$	113,75	0,0216
22R	0,98	$6,50 \times 10^{-3}$	$7,43 \times 10^{-4}$	134,81	0,0254
23R	0,44	$2,92 \times 10^{-3}$	$3,50 \times 10^{-4}$	128,20	0,0325
24R	0,42	$2,78 \times 10^{-3}$	$2,97 \times 10^{-4}$	144,18	0,0346
26R	0,86	$5,70 \times 10^{-3}$	$1,25 \times 10^{-3}$	70,08	0,0333
27R	0,38	$2,52 \times 10^{-3}$	$3,75 \times 10^{-4}$	103,53	0,0331
29	1,18	$7,83 \times 10^{-3}$	$1,16 \times 10^{-3}$	103,98	0,0294
30	1,16	$7,69 \times 10^{-3}$	$1,42 \times 10^{-3}$	83,52	0,0301

Para meios porosos homogêneos e altas velocidades existe uma relação³ entre o coeficiente de dispersão e a velocidade de escoamento dada por $D = \alpha u^n$, onde n varia de 1 a 2. Então, deve aparecer uma reta em um gráfico do tipo $\log D \times \log u$ com uma inclinação variável de 1 a 2.

Os resultados dos testes de 15 a 30 foram colocados na Figura 2.17, juntamente com os resultados de outros autores. Curiosamente, os testes de 21 a 30 tiveram uma concordância melhor com os resultados de outros autores que os testes de 15 a 20. Provavelmente, isto se deve ao problema de controle de vazão

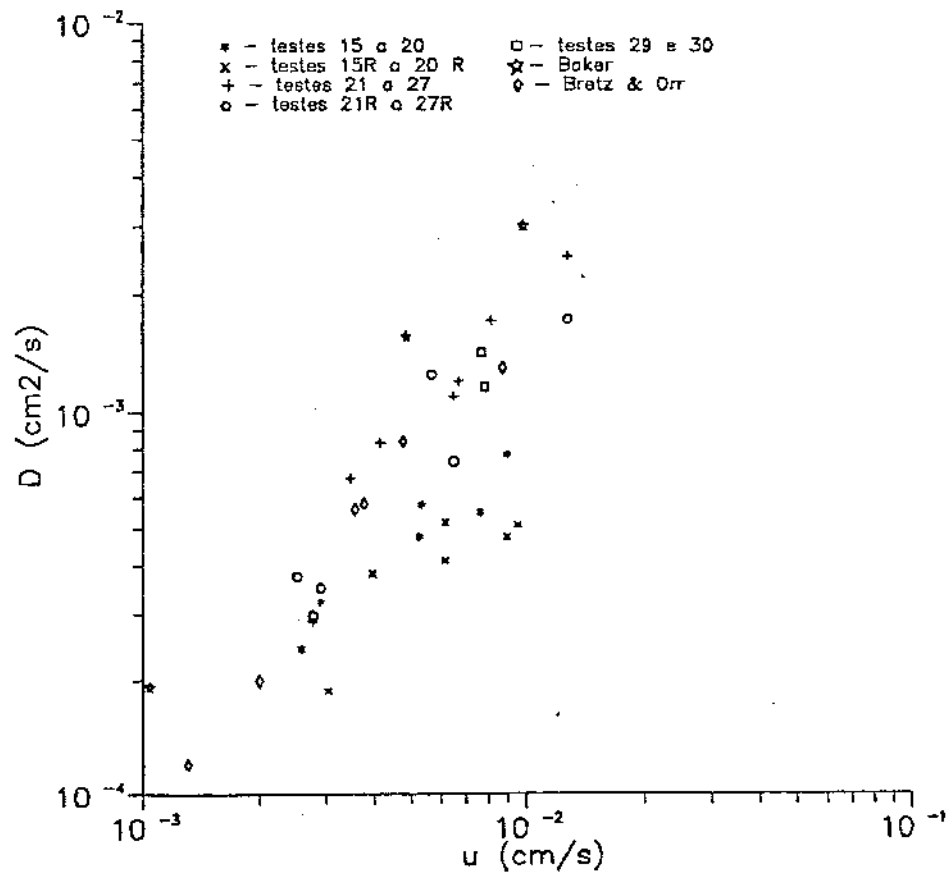


figura 2.17

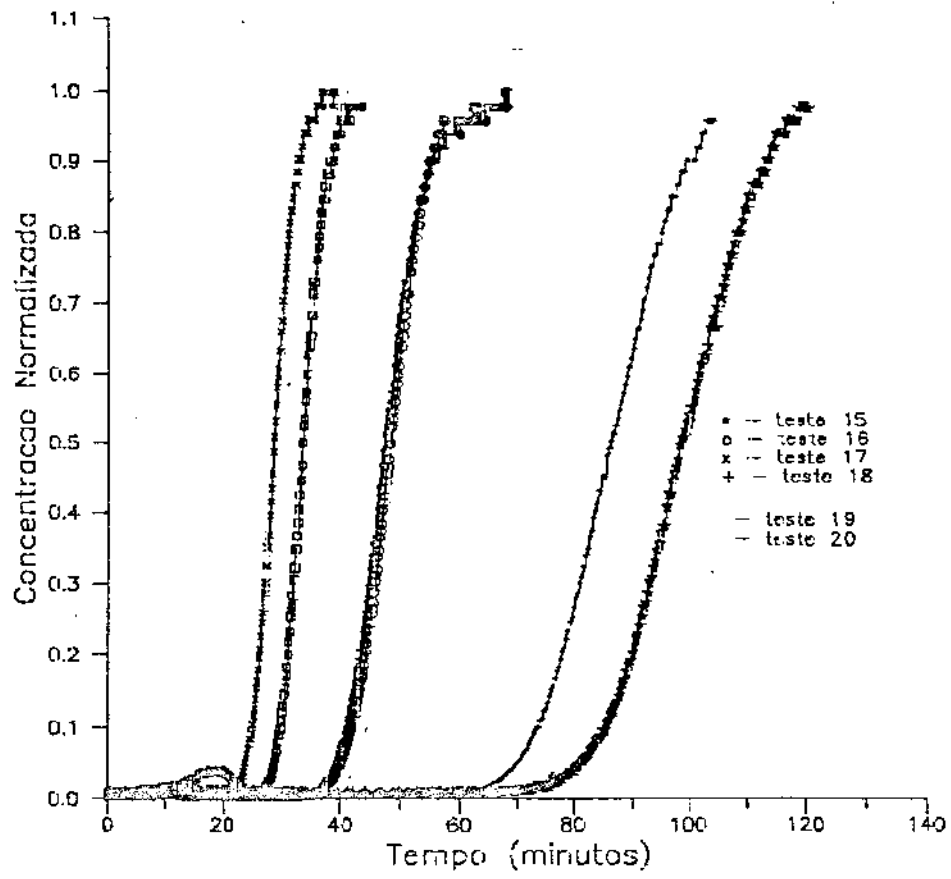


Figura 2.18

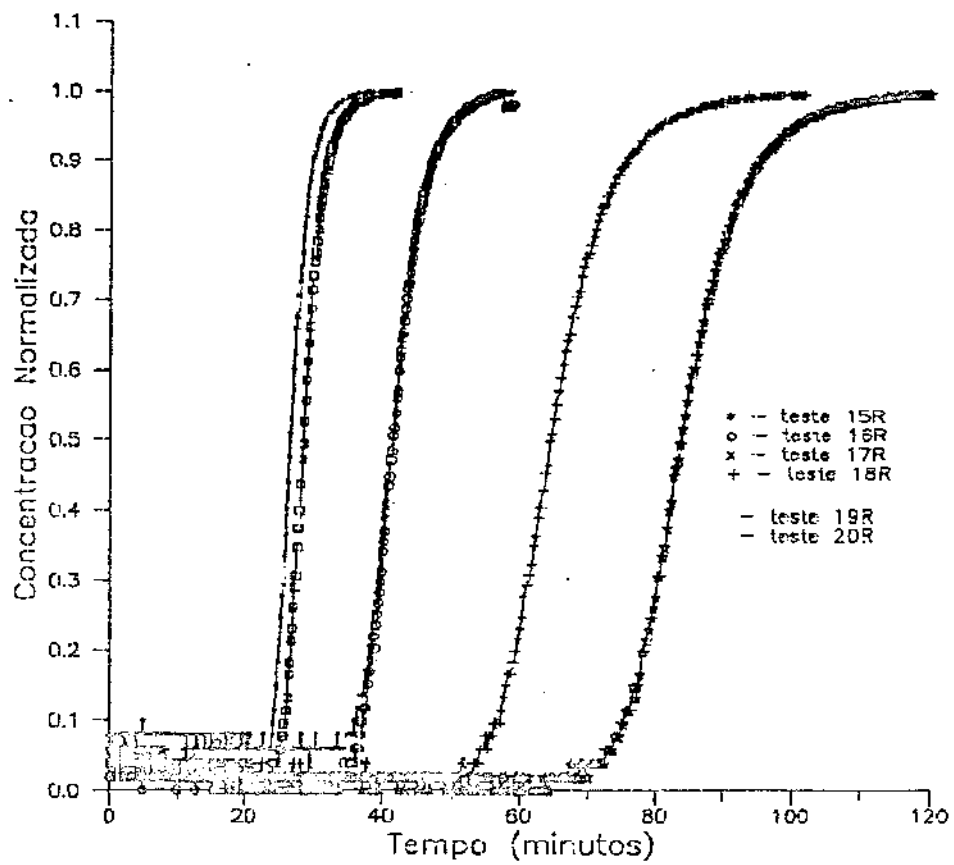


figura 2.19

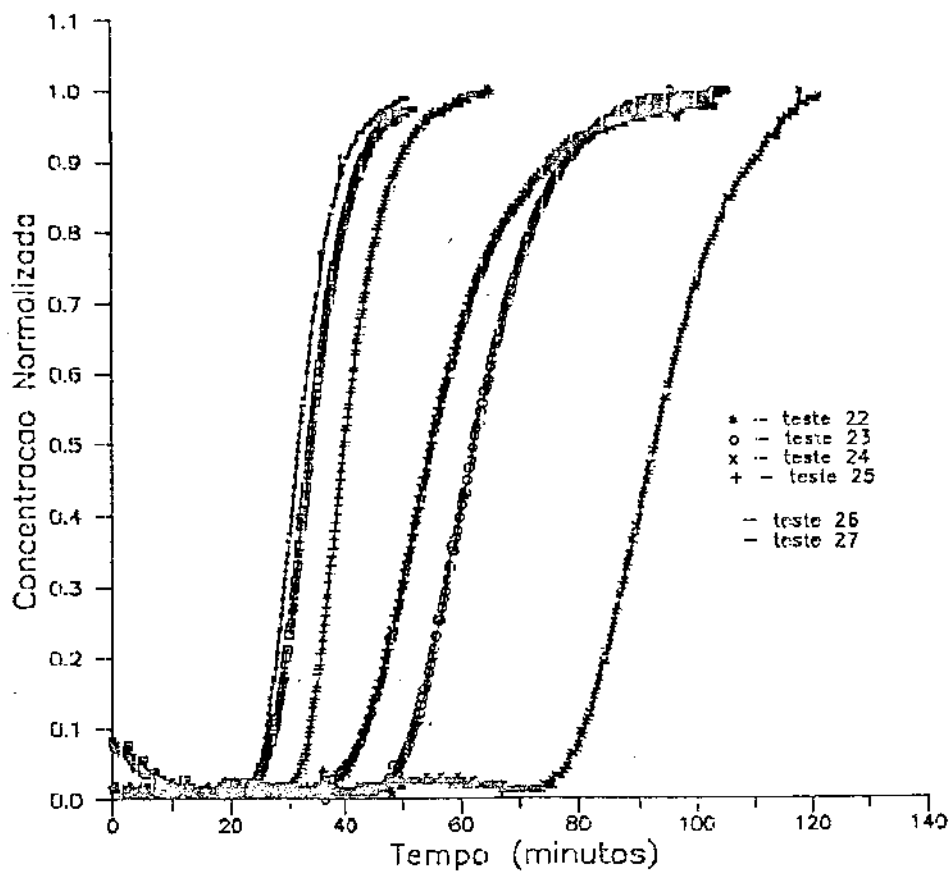


figura 2.20

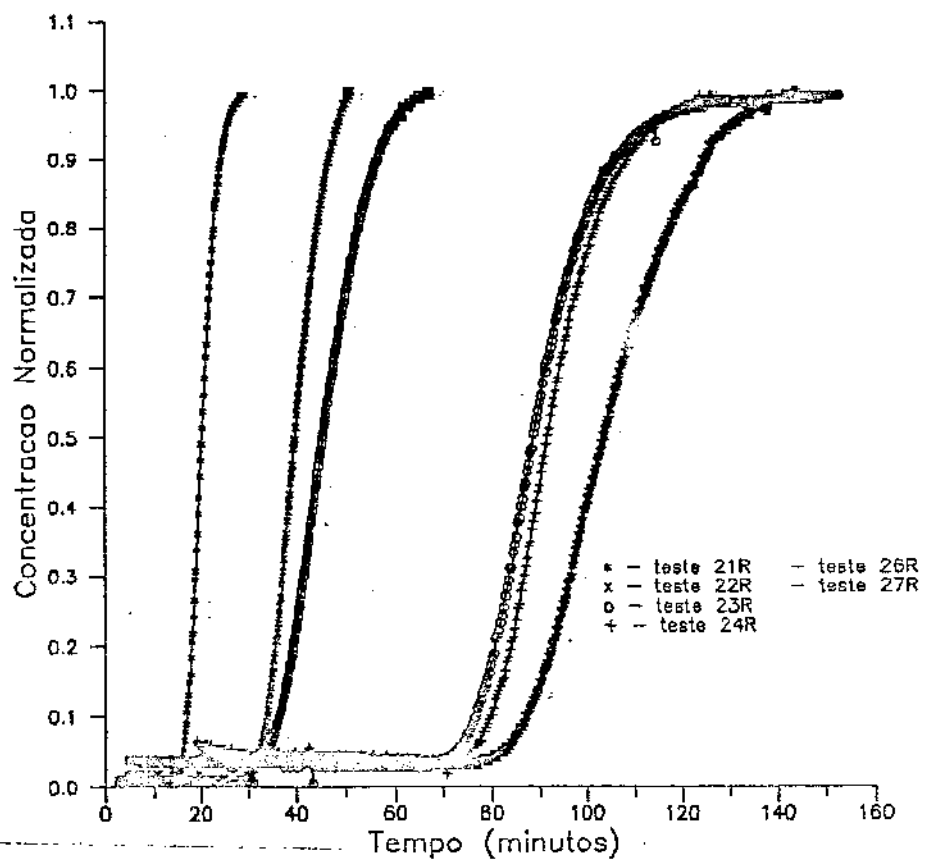


figura 2.21

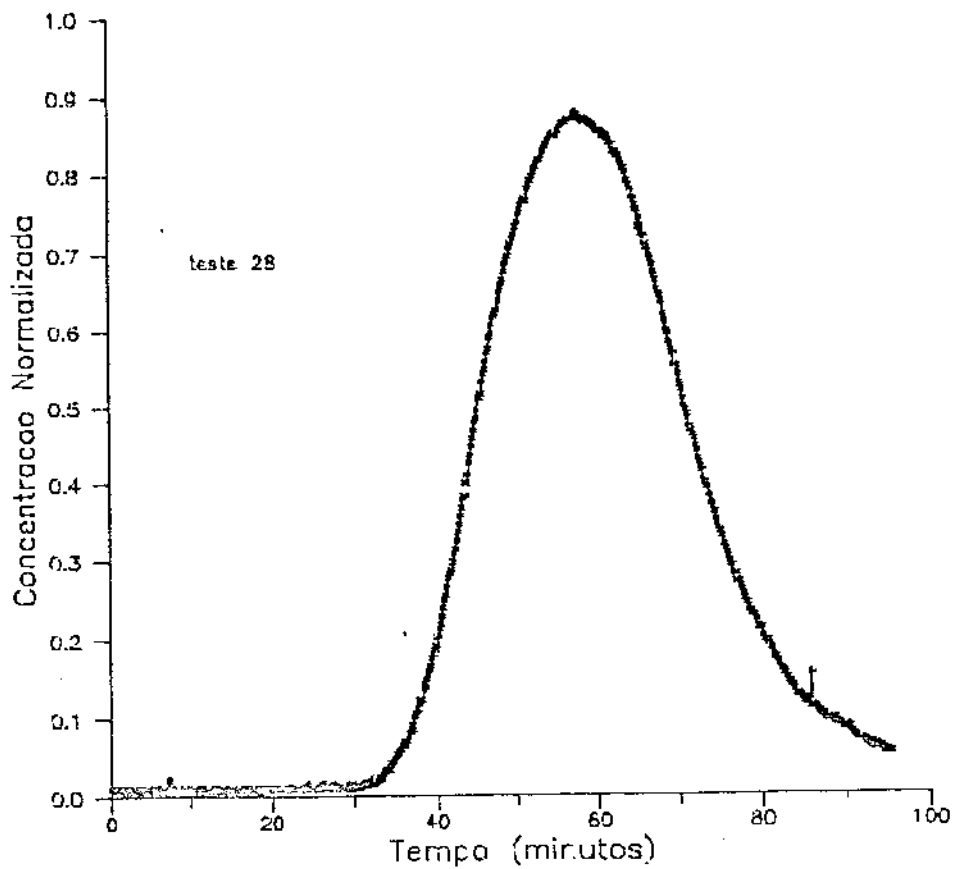


figura 2.22

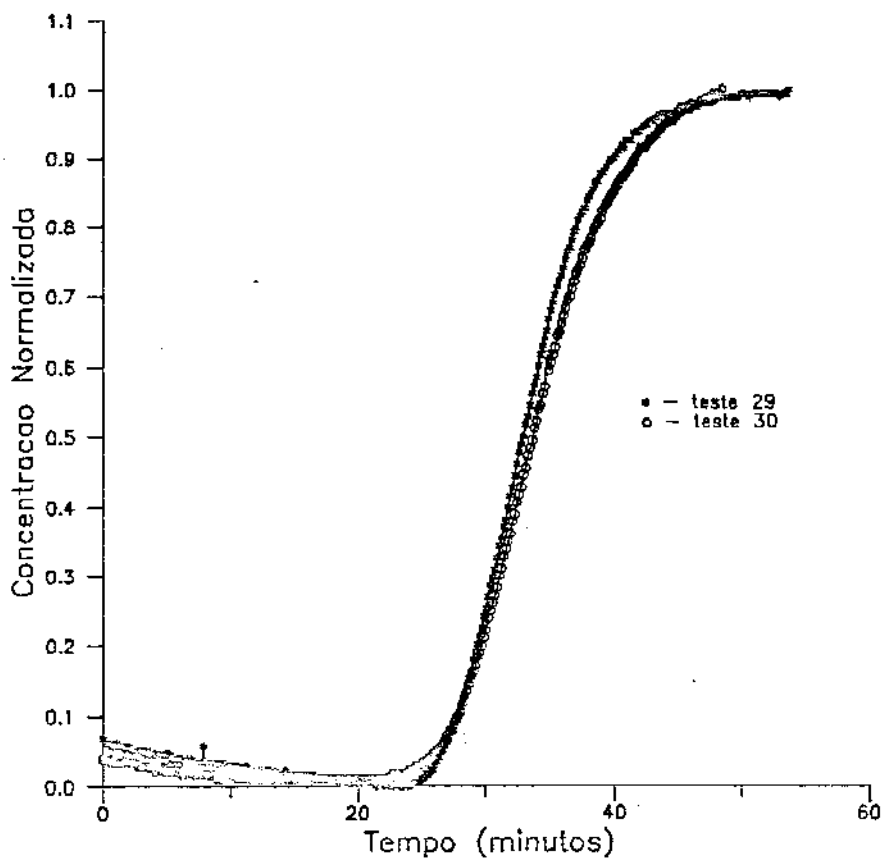


figura 2.23

já mencionado. Nos testes com válvula deixava-se estabilizar a vazão para então dar início ao teste, já nos testes que não utilizaram a válvula este procedimento não era possível. Nos testes de 15 a 20 e 15R a 20R, foi considerada a vazão média dos testes. O tempo de estabilização da vazão era maior para vazões mais altas, e foi justamente para as vazões mais altas que os pontos divergiram mais.

Finalmente, os testes da terceira fase foram realizados apenas para se testar a versão final do programa de coleta e interpretação de dados. Os testes 29 e 30 também foram feitos com a válvula na linha e tiveram resultados semelhantes aos testes anteriores. O programa desta vez funcionou sem problemas.

2.4 - Conclusões e Recomendações

1 - A coleta de dados pelo microcomputador para testes de deslocamento miscível é perfeitamente viável e fácil de ser implantada. As dificuldades sentidas nos experimentos foram todas relativas aos métodos de medição de concentração e a problemas no sistema de fluxo.

2 - O programa de coleta e interpretação de dados desenvolvido neste trabalho está funcionando corretamente, e dá mais segurança e flexibilidade ao pesquisador, pois fornece uma visualização dos resultados enquanto se processa o experimento.

3 - A medida de concentração pela condutividade dos fluidos é o método mais adequado para medidas em fluxo. Sugere-se que se desenvolva o método de medida de condutividade controlada pelo micro devido as vantagens comentadas na seção 2.2.2.2.

4 - A medida de concentração com eletrodos sensíveis a íons de acordo com os resultados apresentados neste trabalho não é adequada para ser usada num projeto de automação. Entretanto, devido a sua aplicação em casos práticos deveria-se tentar superar os problemas apresentados por este método. Algumas possíveis melhoras são o uso de uma placa de conversão A/D de 12 bits e o uso de eletrodos de menor tamanho.

5 - Deve-se tentar reduzir ao máximo o volume morto do experimento, pois ele exerce grande influência sobre os resultados obtidos.

6 - O sistema de fluxo do experimento não foi satisfatório. Sugere-se trocar este sistema por outro mais simples e que forneça uma vazão realmente constante.

7 - Também é aconselhável que os experimentos se realizem em condições de temperatura controlada.

8 - O ideal seria coletar dados de concentração na entrada e na

saida do testemunho simultaneamente porque assim contornaria-se os erros devido a dispersão da frente de avanço deconvoluindo os dados. Para isto é necessário desenvolver o método de medida de condutividade controlada pelo micro.

9 - Os resultados da interpretação obtidos para os testes de 21 a 30 tiveram boa concordância com resultados divulgados na literatura para arenitos consolidados, e confirmaram a natureza homogênea do testemunho indicada pela análise petrográfica.

10 - Uma sugestão para futuras dissertações é a extensão deste trabalho, tanto na parte teórica como na parte experimental, para geometrias radiais.

3 - NOMENCLATURA

$A(t)$ - resposta do sistema a uma excitação do tipo degrau unitário.

A - área transversal total.

a - número de Damkohler (KL/u), parâmetro de transferência de massa adimensional.

a - constante real.

$B_k(x)$ - funções B-spline (veja definição na seção 1.2.6).

C - concentração in-situ, (ppm).

C^* - concentração in-situ na porção estagnante do meio poroso, (ppm).

C_D - concentração in-situ adimensional $((C-C_0)/(C_1-C_0))$.

C_0 - concentração inicial do meio poroso, (ppm).

C_1 - concentração do fluido a ser injetado, (ppm).

D - coeficiente de dispersão longitudinal, (cm^2/s).

D_s - coeficiente de difusão nas esferas porosas, (cm^2/s).

D_t - coeficiente de difusão na matriz, (cm^2/s).

F_D - concentração em escoamento adimensional $\left\{ C_D - \frac{1}{Pe} \frac{\delta C_D}{\delta \xi} \right\}$.

f - fração de escoamento.

$f(t)$ - função de excitação do sistema.

$g(s)$ - função auxiliar.

h_t - altura da matriz, (cm).

K - coeficiente de transferência de massa, (s^{-1}).

L - comprimento do testemunho, (cm).

M - número de parâmetros para o ajuste não-linear.

m_c - inclinação da reta de curto tempo no gráfico $\text{erf}^{-1}(2F_D-1) \times U$ ou no gráfico $\sqrt{\tau} \text{erf}^{-1}(2F_D-1) \times \tau$.

m_l - inclinação da reta de longo tempo no gráfico $\text{erf}^{-1}(2F_D-1) \times U$ ou no gráfico $\sqrt{\tau} \text{erf}^{-1}(2F_D-1) \times \tau$.

N - número de observações experimentais.

Pe - número de Peclet (uL/D), adimensional.

Pe_s - número de Peclet nas esferas porosas ($r_s^2 u/D_s L$), adimensional.

Pe_t - número de Peclet na matriz ($h_t^2 u/D_t L$), adimensional.

Pe_e - número de Peclet efetivo, adimensional.

q - vazão de fluido deslocante que atravessa um plano do meio poroso (cm^3/s).

r - distância radial, (cm).

r_s - raio das esferas porosas, (cm).

r_D - distância radial adimensional (r/r_s).
 s - variável da transformada de Laplace.
 t - tempo, (s).
 T - constante real.
 u - velocidade intersticial média, (cm/s).
 $U = (\tau-1)/\sqrt{\tau}$, adimensional.
 $\mathcal{U}(t-b)$ - função degrau unitário $\begin{cases} = 1, & t > b \\ = 0, & t < b \end{cases}$
 w - constante real.
 x - distância longitudinal, (cm).
 Y_0 - ponto onde a reta de curto tempo corta o eixo vertical do gráfico $\sqrt{\tau} \operatorname{erf}^{-1}(2F_D-1) \times \tau$.
 z - distância transversal, (cm).
 z_D - distância transversal adimensional (z/ht).
 α - coeficiente de mistura.
 β - tamanho do banco injetado em volume de poros injetado, adimensional.
 χ^2 - função Qui-quadrado.
 ϵ - erro absoluto.
 ϵ_1 - erro relativo.
 ϕ - porosidade, adimensional.
 γ - coeficiente das funções B-splines.
 ν - número de graus de liberdade.
 σ - desvio padrão $\left[\sqrt{\frac{(y_i - y_i(x_i))^2}{N_i}} \right]$
 τ - volume de poros injetado (ut/L), adimensional.
 ξ - distância longitudinal adimensional (x/L).

As transformadas de Laplace das funções são dadas em caracteres maiúsculos com uma barra em cima. (ex.: $\mathcal{L}(A(t)) \rightarrow \bar{A}(s)$).

Algumas derivadas de funções são representadas pela função seguida de um apóstrofo (ex.: $d A(t)/d t \rightarrow A'(t)$).

4 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1 - Crump, K. S.: "Numerical Inversion of Laplace Transforms Using a Fourier Series Approximation", J. ACM, Vol. 23, Nº 1, Janeiro 1976.

2 - Bretz, R. E. & Orr, F. M., Jr.: "Interpretation of Miscible Displacements in Laboratory Cores", artigo SPE/DOE 14898 apresentado no 5º Simpósio do SPE/DOE de Recuperação Especial de Óleo, Oklahoma, Abril 20-23, 1986.

3 - Brigham, W. E.; Reed, P. W.; Dew, J. N.: "Experiments on Mixing During Miscible Displacement in Porous Media", Trans. AIME, Vol. 222, 213, 1961.

4 - Corrêa, A. C.; Pande, K. K.; Ramey, H. J., Jr.; Brigham, W. E.: "Prediction and Interpretation of Miscible Displacement Performance Using a Transverse Matrix Dispersion Model", artigo SPE 16704 apresentado na 62ª Conferência e Exibição Técnica Anual da SPE, Dallas, Setembro 27-30, 1987.

5 - Wyllie, C. R. & Barret, L. C.: "Advanced Engineering Mathematics", 5. Ed., New York, McGraw-Hill, 451-460, 1982.

6 - Coats, K. H. & Smith, B. D.: "Dead-End Pore Volume and Dispersion in Porous Media", SPEJ, 73-84, Março 1964.

7 - Deans, H. A.: "A Mathematical Model for Dispersion in the Direction of Flow in Porous Media", Trans. AIME, Vol. 228, 49, 1963.

8 - Passioura, J. B.: "Hydrodynamic Dispersion in Aggregated Media: I. Theory", Soil Sci., 111, 339-344, 1971.

9 - Rao, P. S. C.; Rolston, D. E.; Jessup, R. E.; Davidson, J. M.: "Solute Transport in Aggregated Porous Media: Theoretical and Experimental Evaluation", Soil Sci. Soc. Am. J., 44, 1139-1146, 1980.

10 - Baker, L. E.: "Effects of Dispersion and Dead-End Pore

Volume in Miscible Flooding: , SPEJ, 219-227, Junho 1977.

11 - Press, W. H.; Flannery, B. P.; Teukolsky, S. A.; Vetterling, W. T.: "Numerical Recipes - The Art of Scientific Computing", Cambridge, Cambridge University Press, 521-528, 1986.

12 - Marquardt, D. W.: "An Algorithm for Least-Squares Estimation of Nonlinear Parameters", J. Soc. Ind. Appl. Math., Vol. 11, Nº 2, 431-441, Junho 1963.

13 - De La Rosa, J. J. M.: "Sistema para Estudiar el Comportamiento de Trazadores en Medios Porosos Fracturados", Revista del Instituto Mexicano del Petroleo, Vol. 19, Nº 1, Janeiro 1987.

14 - Rodrigues, E. B.: "Descrição Petrográfica de Lâminas Delgadas (Lâminas 8467 a 8471)", Rio de Janeiro, Petrobras/Cenpes/Diger/Segex, 1989.

15 - LYNX Tecnologia Eletrônica Ltda.: "CAD 10/26 - Conversor Analógico-Digital Digital-Analógico - 10 bits - para IBM PC/XT - Manual do Usuário e de Referência", Outubro 1987.

16 - Johns, R. A.: "Injection Through Fractures", Stanford Geothermal Program, SGP-TR-110, Stanford, Maio 1987.

17 - Bretz, R. E.; Specter, R. M.; Orr, F. M., Jr.: "Mixing During Single-Phase Flow in Reservoir Rocks: Models, Effects of Pore Structure and Interpretation of Experiments", In: Lake, L. W. & Carrol, H. B., Jr.: "Reservoir Characterization", Academic Press, 585-642, 1986.

18 - MacDonald, J. R.: "Accelerated Convergence, Divergence, Iteration, Extrapolation, and Curve Fitting", J. Appl. Phys., Vol. 35, Nº 10, 3034-3041, Outubro 1964.

19 - Brigham, W. E.: "Mixing Equations in Short Laboratory Cores", Trans. AIME, Vol. 257, 91-99, 1974.

20 - Brenner, H.: "The Diffusion Model of Longitudinal Mixing in Beds of Finite Length. Numerical Values", Chemical Engineering Science, Vol. 17, 229-243, 1962.

APÉNDICE A

A transformada de Laplace de uma função $f(t)$ é definida por:

$$\mathcal{L}\{f(t)\} = \bar{F}(s) = \int_0^{\infty} \exp(-st) f(t) dt \dots\dots(103)$$

e a antitransformada de $\bar{F}(s)$ por:

$$\mathcal{L}^{-1}\{\bar{F}(s)\} = f(t) = \int_{a-i\infty}^{a+i\infty} \exp(st) \bar{F}(s) ds \dots\dots(104)$$

ou,

$$\mathcal{L}^{-1}\{\bar{F}(s)\} = f(t) = \frac{\exp(at)}{\pi} \int_0^{\infty} \left\{ \text{Re}[\bar{F}(s)] \cos(wt) - \text{Im}[\bar{F}(s)] \text{sen}(wt) \right\} dw \dots\dots(105)$$

Em alguns casos consegue-se obter uma expressão analítica de $f(t)$ a partir de $\bar{F}(s)$ com o auxílio de tabelas e algumas regras básicas da transformada de Laplace. Entretanto, na maioria das vezes $\bar{F}(s)$ é tão complexa que não se consegue achar a expressão analítica de $f(t)$. Nestes casos tem-se de recorrer a métodos numéricos para se obter a inversa de $\bar{F}(s)$.

Crump¹ derivou uma expressão aproximada da eq.(105) que permite que se obtenha valores de $f(t)$ com um erro bastante pequeno:

$$f^*(t) = \frac{\exp(at)}{T} \left\{ \frac{1}{2} \bar{F}(a) + \sum_{k=1}^{\infty} \left\{ \text{Re} \left[\bar{F} \left(a + \frac{k\pi i}{T} \right) \right] \cos \left(\frac{k\pi t}{T} \right) - \text{Im} \left[\bar{F} \left(a + \frac{k\pi i}{T} \right) \right] \text{sen} \left(\frac{k\pi t}{T} \right) \right\} \right\} \dots\dots(106)$$

onde,

$$f(t) = f^*(t) - \varepsilon \dots\dots(107)$$

$f^*(t)$ aproxima $f(t)$ no intervalo $(0, 2T)$. A magnitude do erro (ε) depende de uma escolha adequada de a . Crump apresentou a seguinte expressão:

$$a = \omega - \frac{\ln(\epsilon_1)}{2T} \quad (108)$$

onde ϵ_1 é o erro relativo de $f^*(t)$ e ω é o maior polo real de $\bar{F}(s)$.

Infelizmente $f^*(t)$ converge muito lentamente, então para que o método funcione na prática ele tem de ser usado em conjunto com um método de aceleração de convergência de séries. O programa apresentado no apêndice G utiliza o algoritmo epsilon¹⁸ para acelerar a convergência de $f^*(t)$.

APÊNDICE B

O conceito de concentração dinâmica^{19,20} vem do balanço de materiais do fluido deslocante que atravessa um plano do meio poroso. A taxa de fluido deslocante que atravessa um plano é:

$$q = u A \phi C_D - D A \phi \frac{\delta C_D}{\delta x} \dots\dots(109)$$

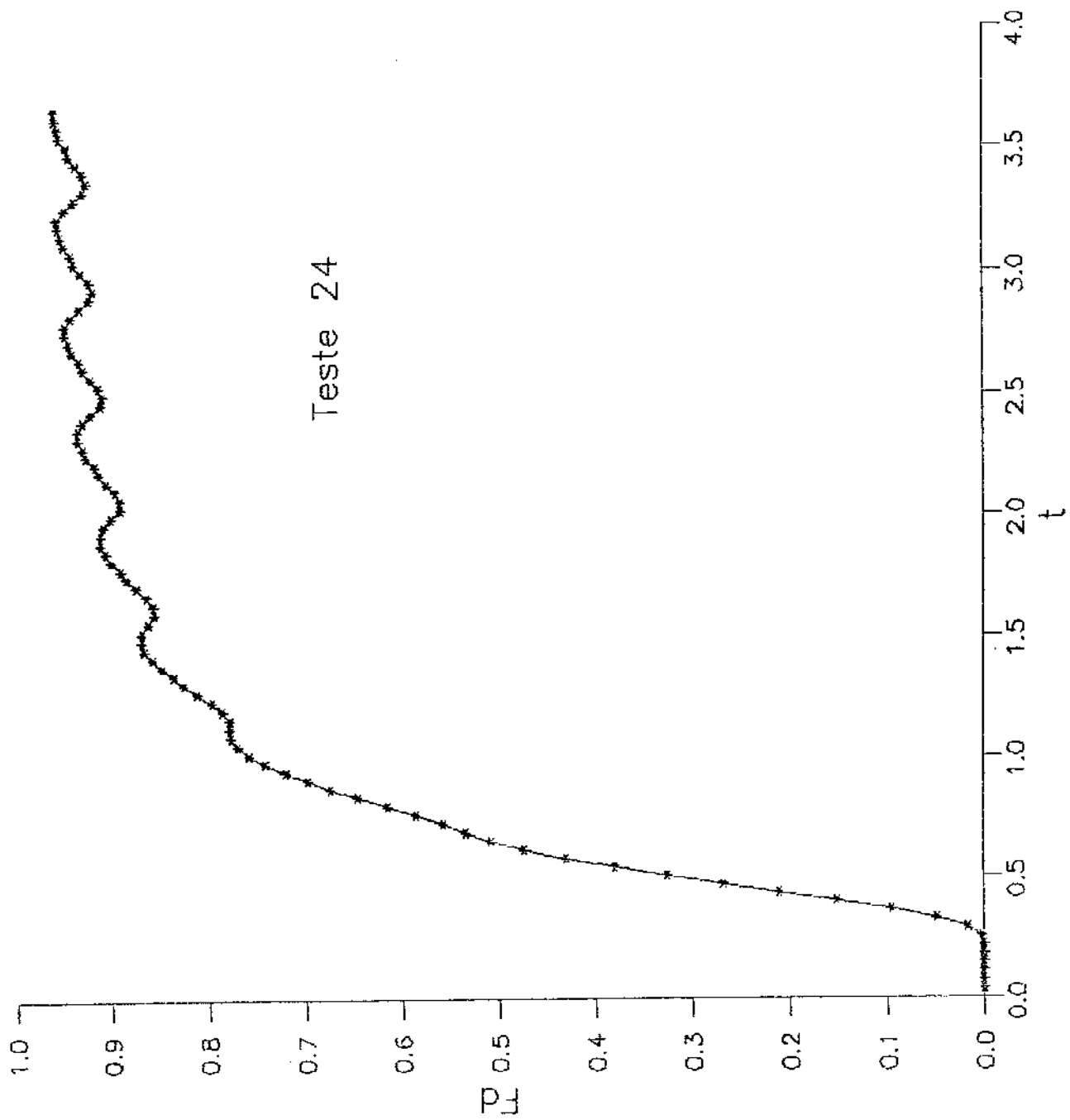
Dividindo (109) por $u A \phi$ temos:

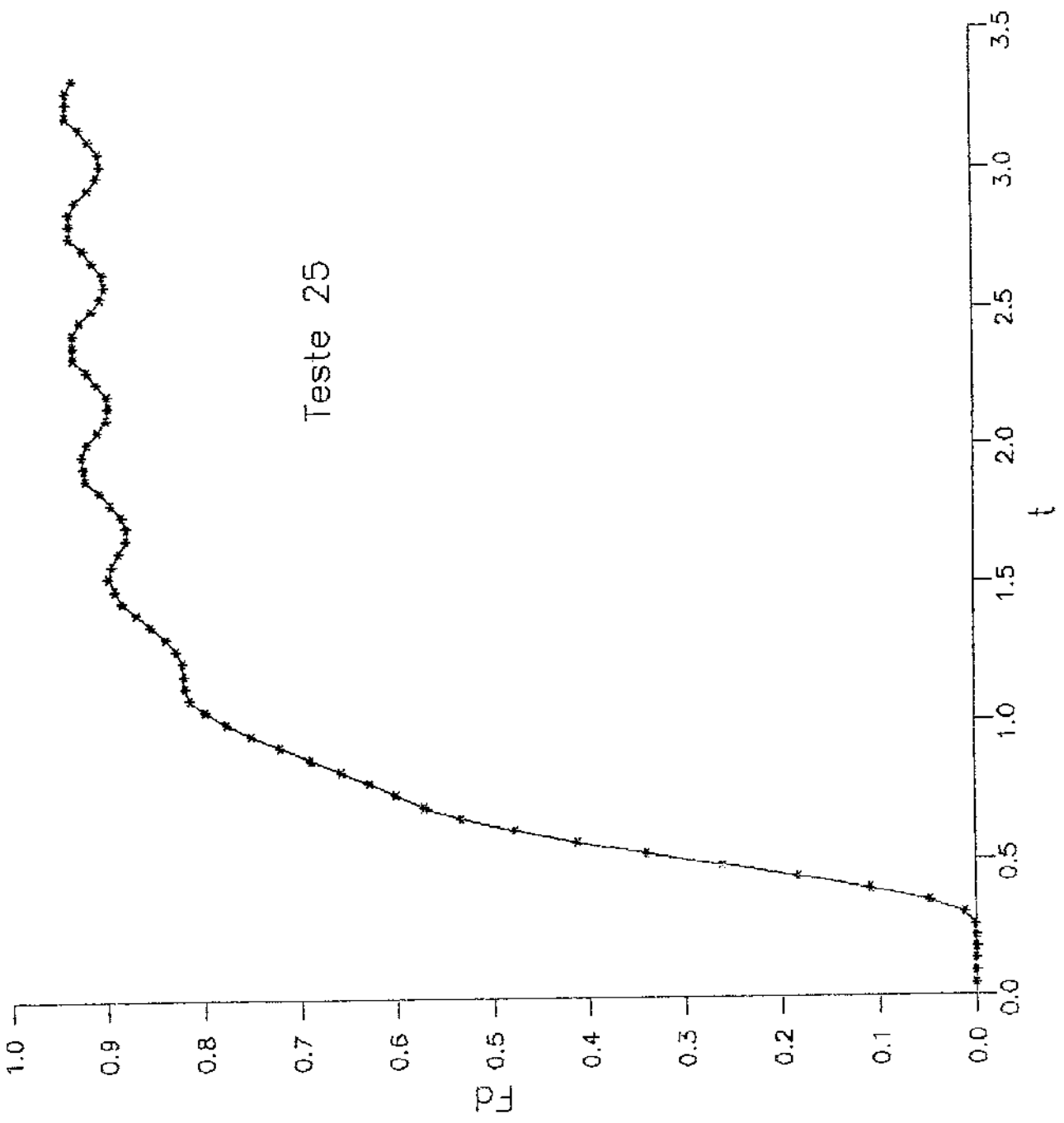
$$\frac{q}{u A \phi} = F_D = C_D - \frac{D}{u} \frac{\delta C_D}{\delta x} \dots\dots(110)$$

A eq.(110) nos dá a concentração média do escoamento de um fluido através de um plano. Brigham¹⁹ chamou F_D de concentração dinâmica para distinguir de C_D , concentração no plano ou in-situ. Este conceito é análogo ao conceito de fração de fluxo (f_v) e saturação (S_v) na teoria de Buckley-Leverett, e fração gás/liquido em fluxo e fração gás/liquido in-situ no escoamento de fluidos em tubulações.

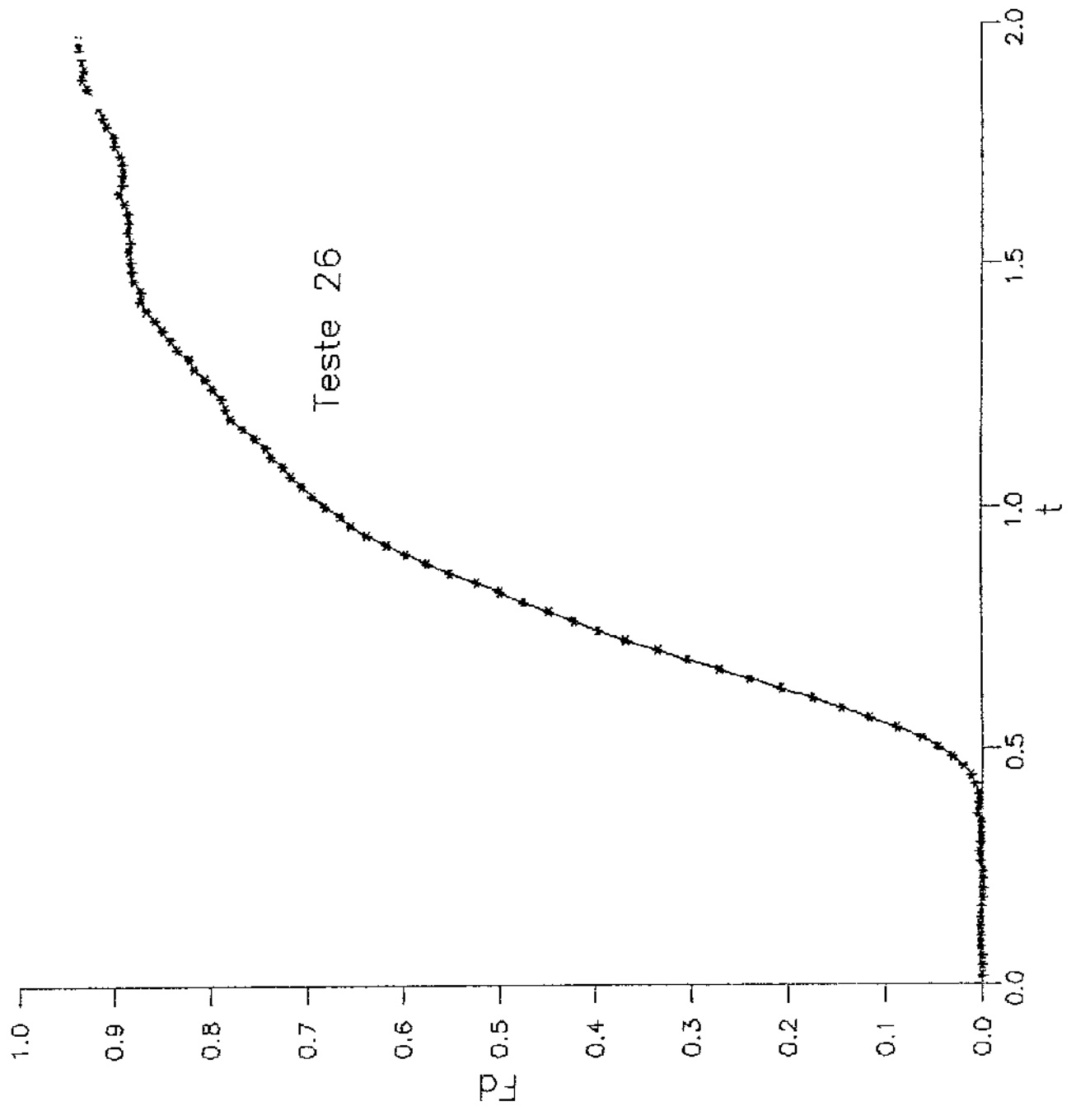
Na prática o que é medido é a concentração dinâmica, pois mede-se a concentração de fluido deslocante que passa através do plano que contem os eletrodos.

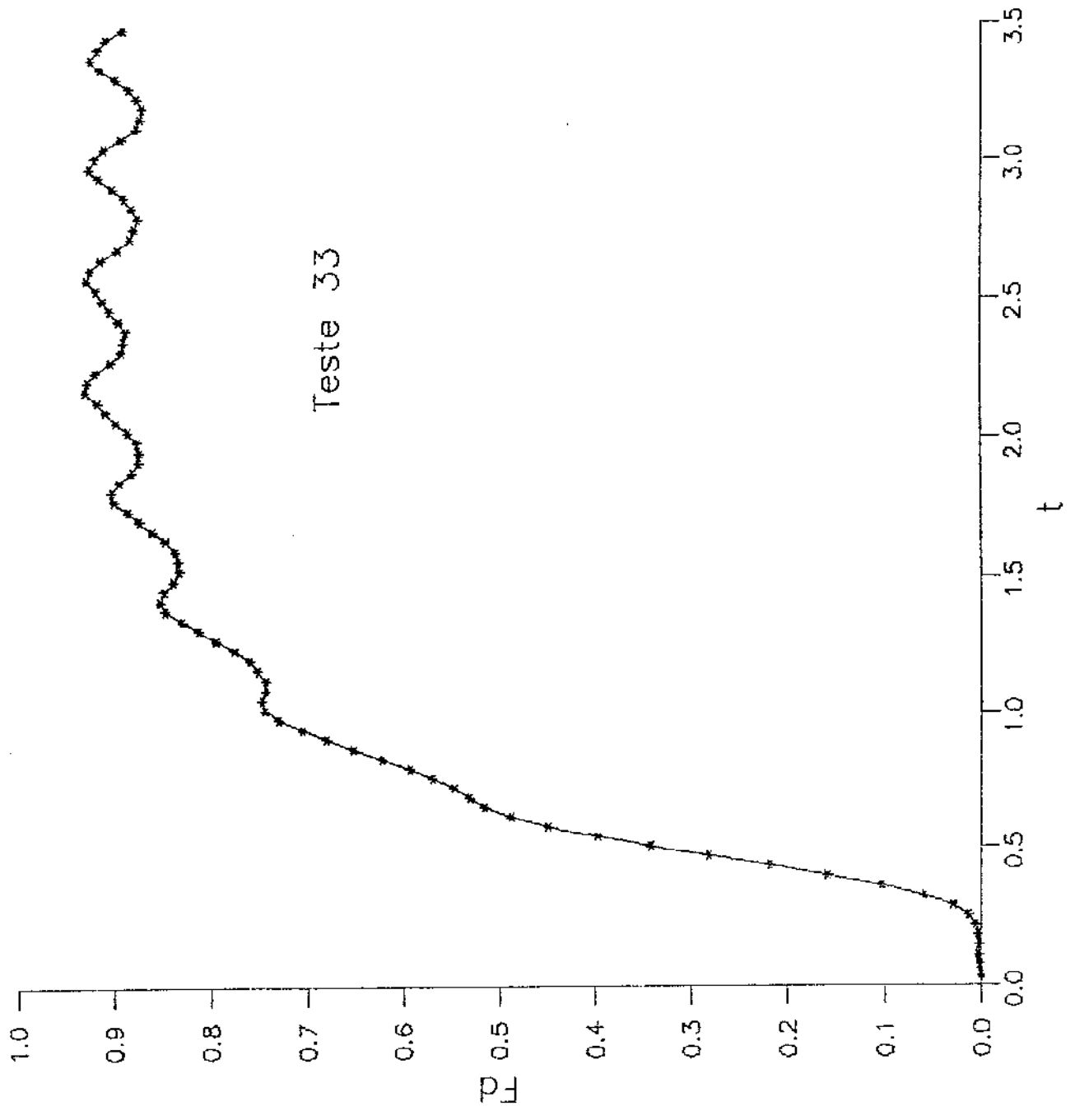
APÊNDICE C

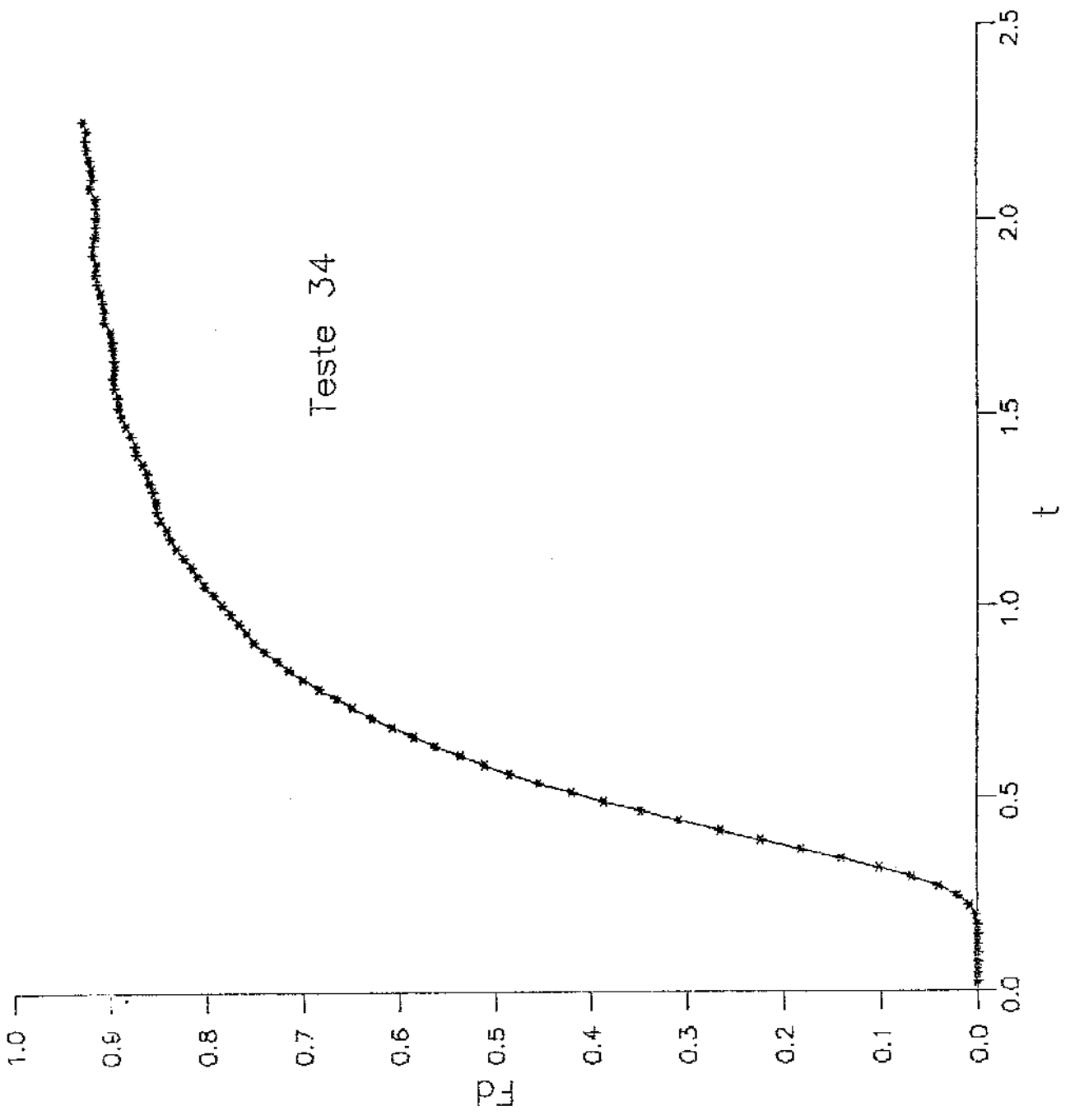


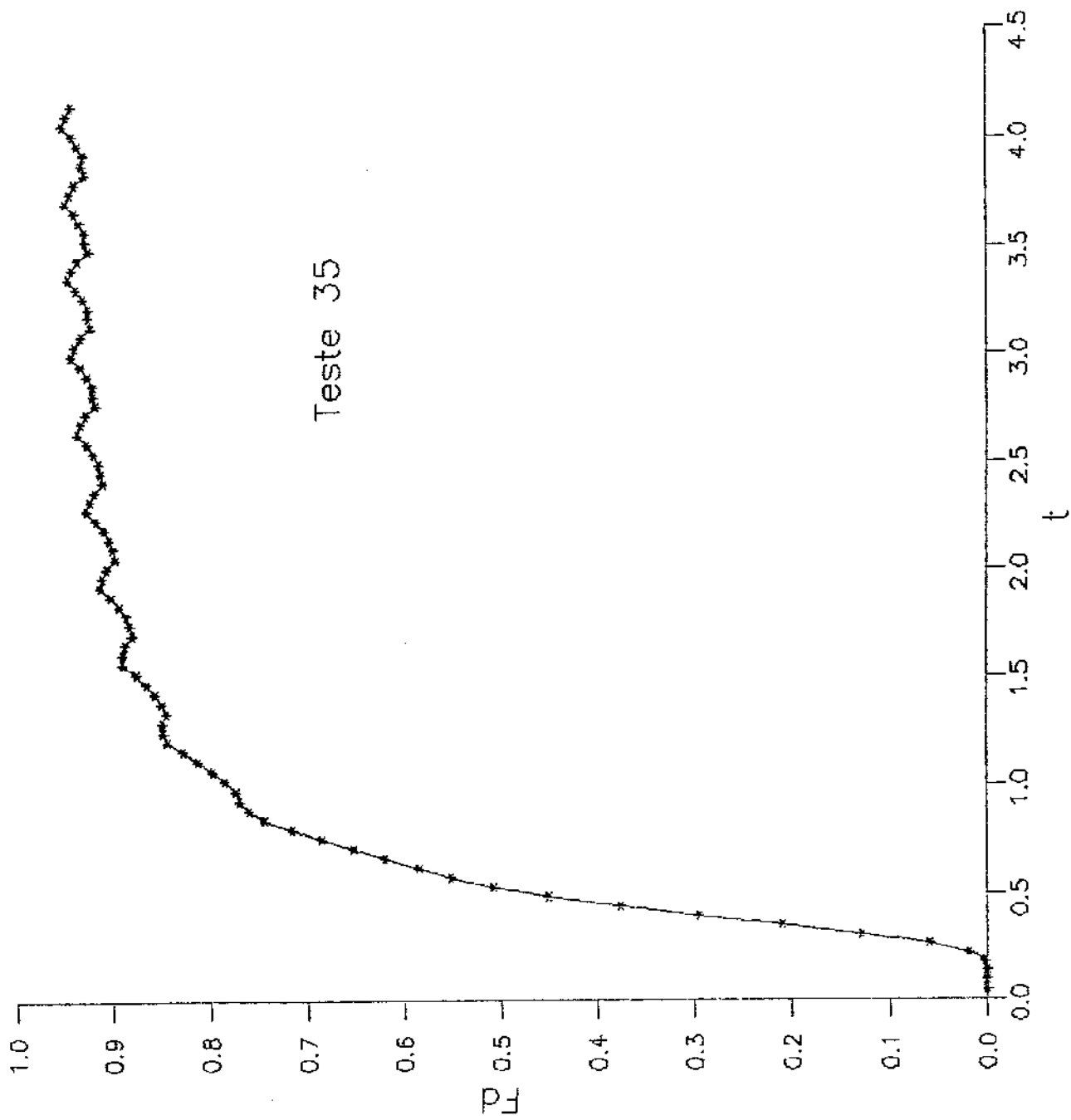


Teste 25



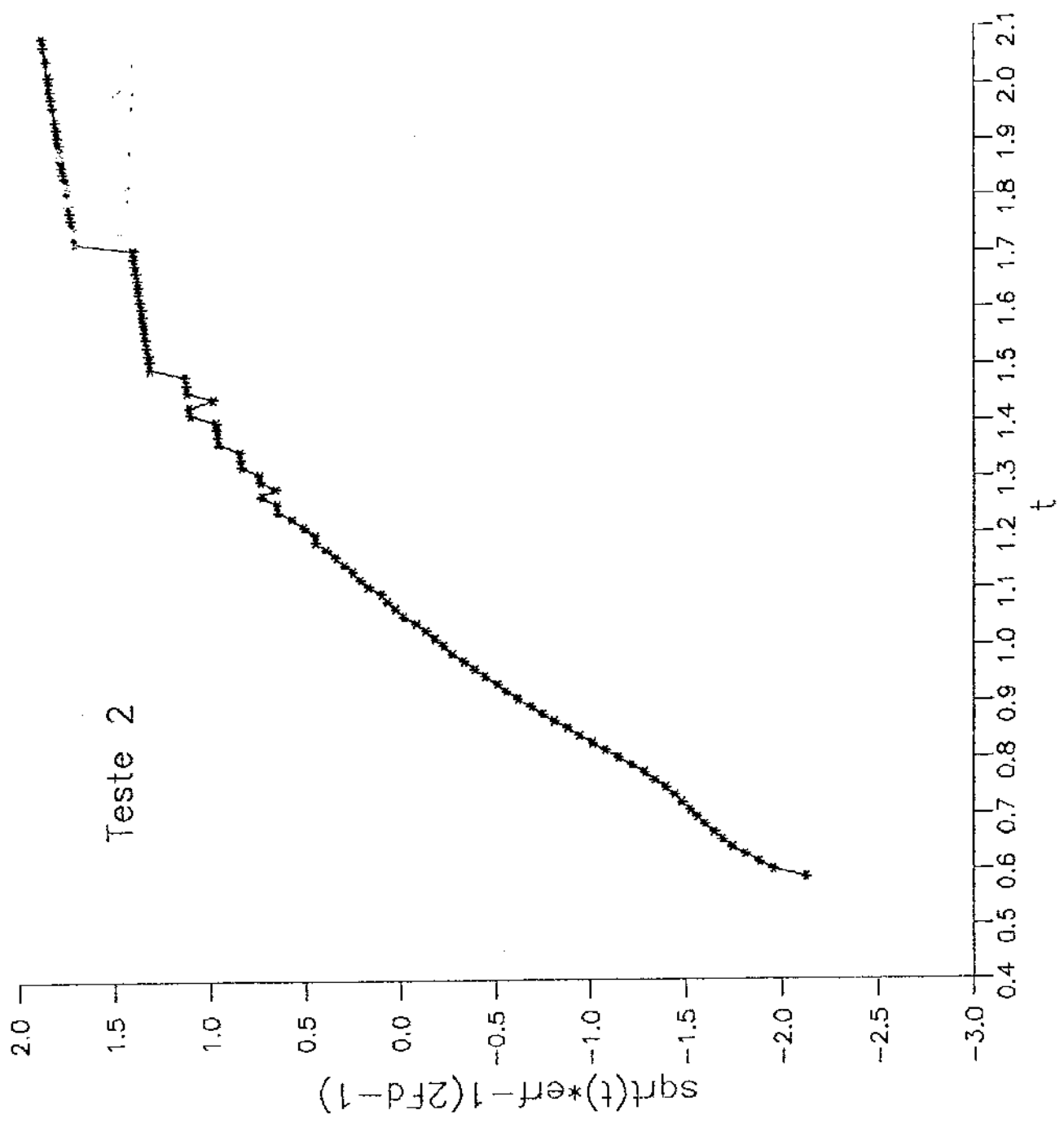


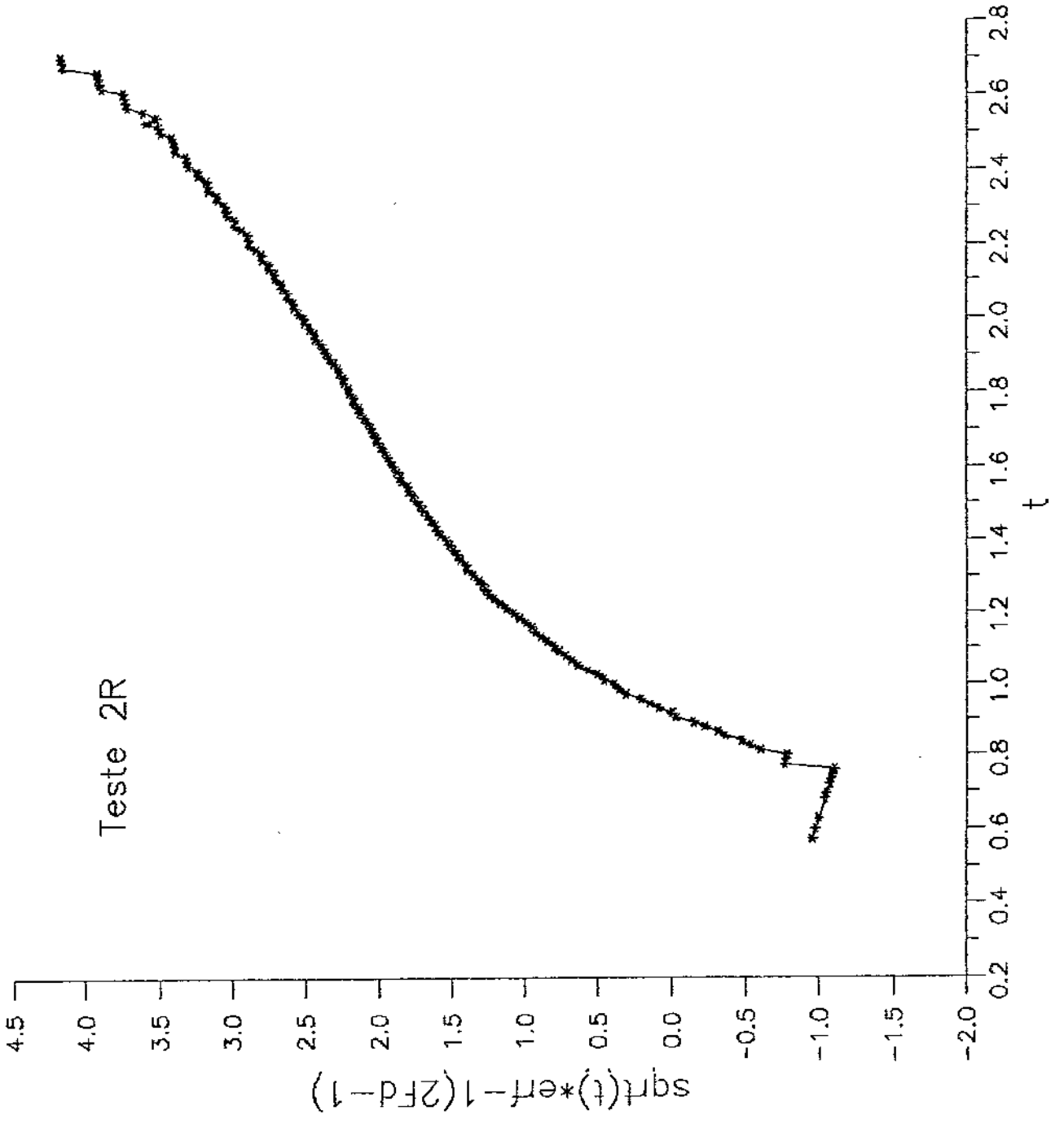


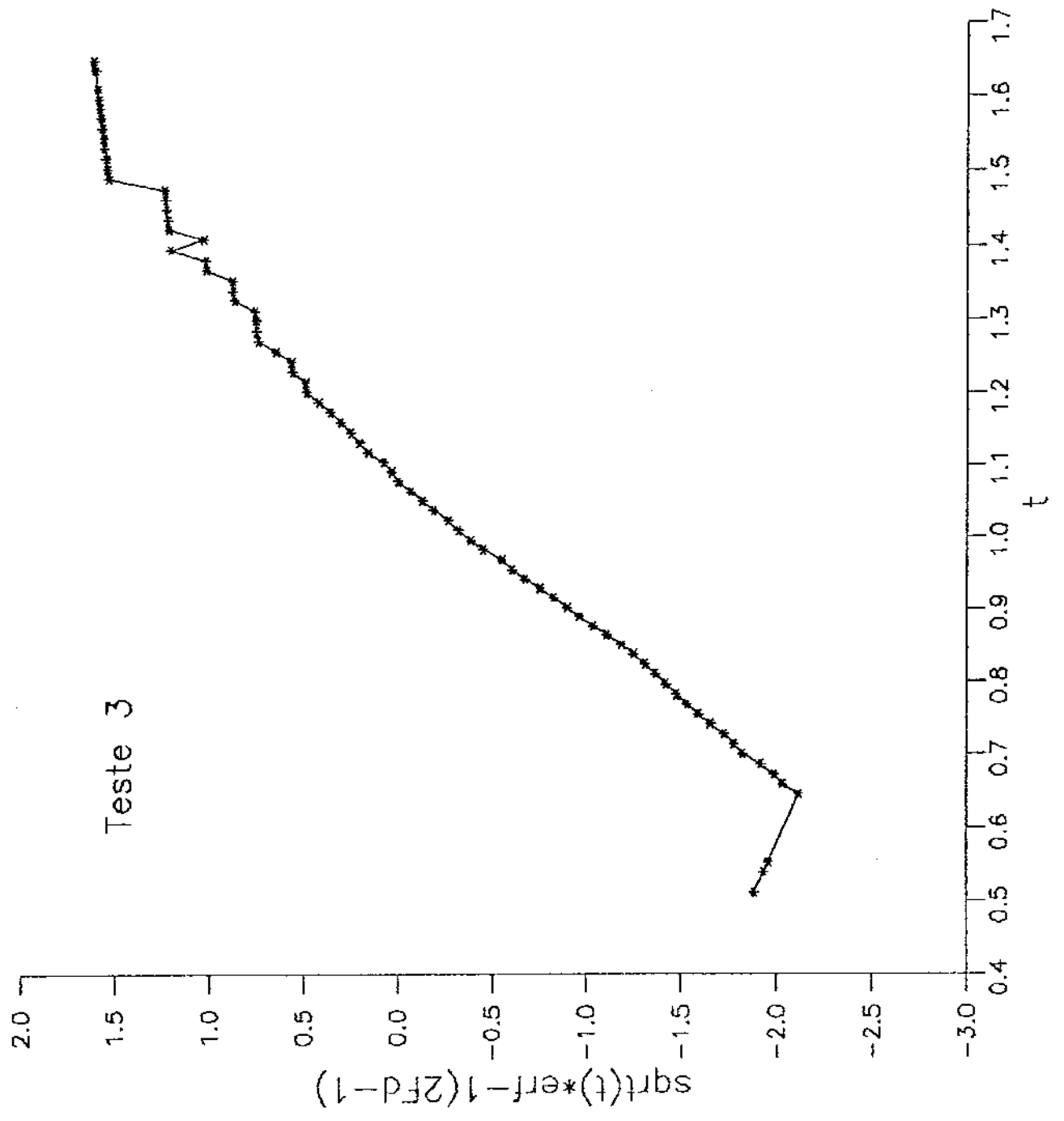


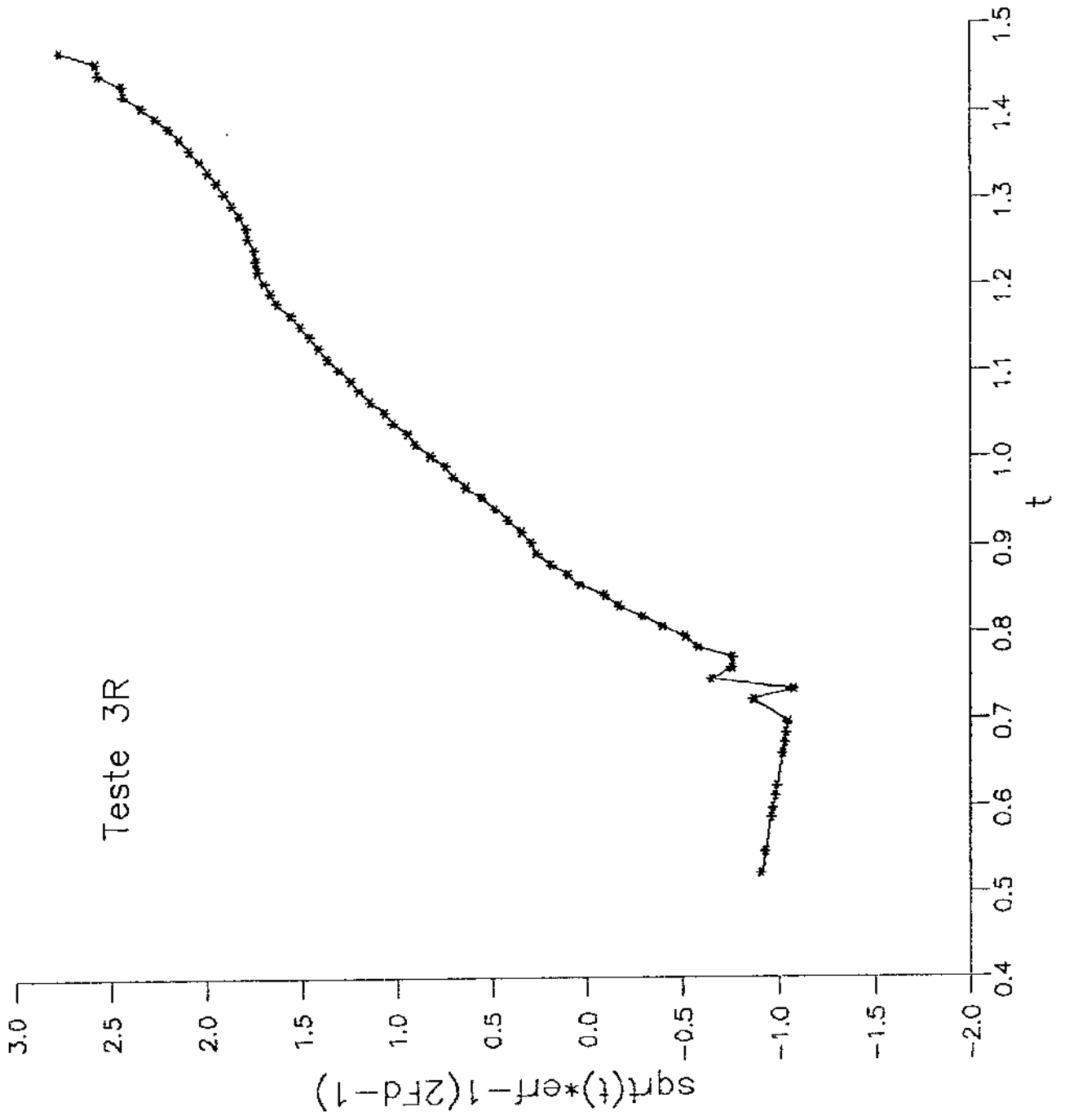
Teste 35

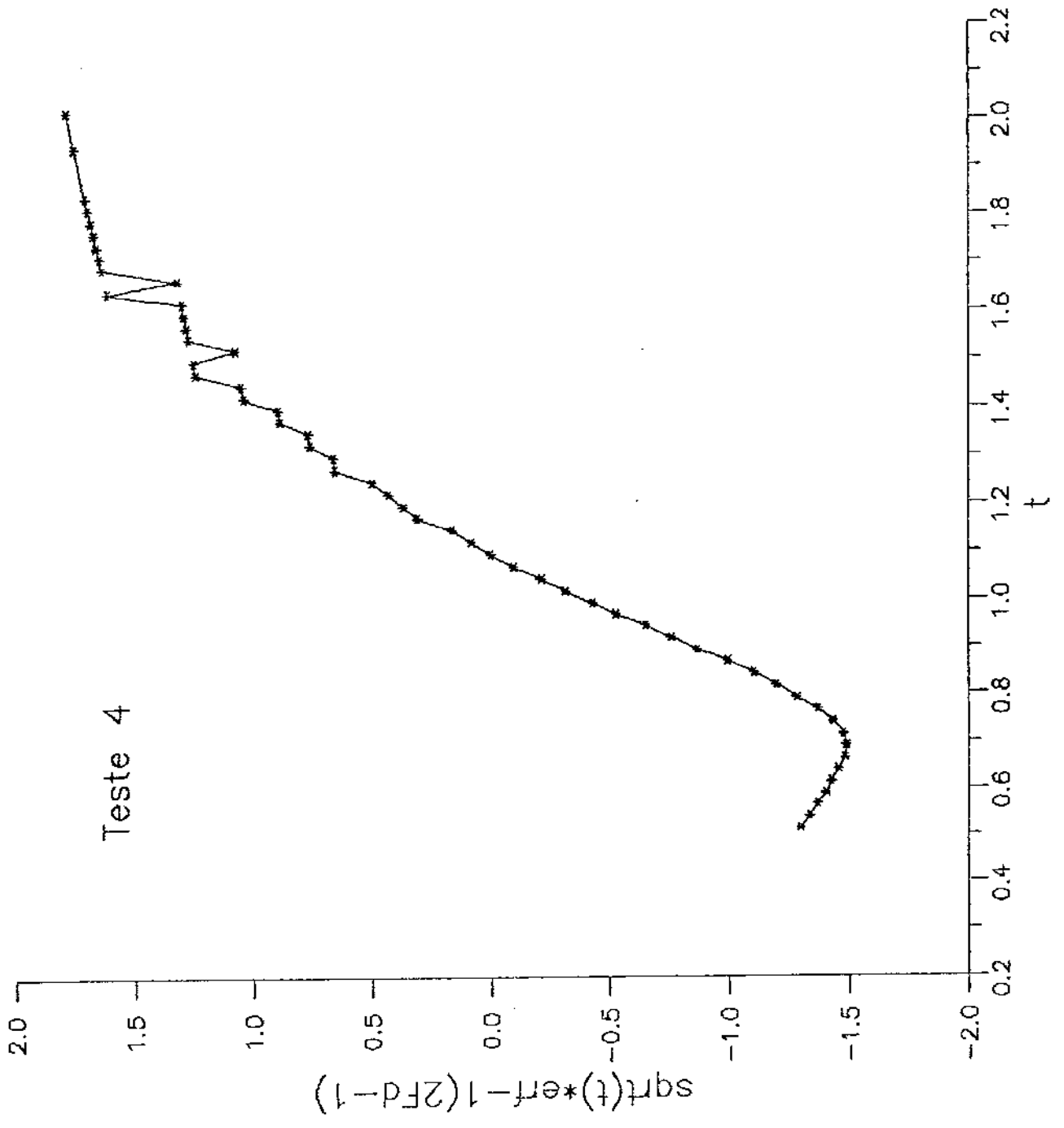
APÉNDICE D

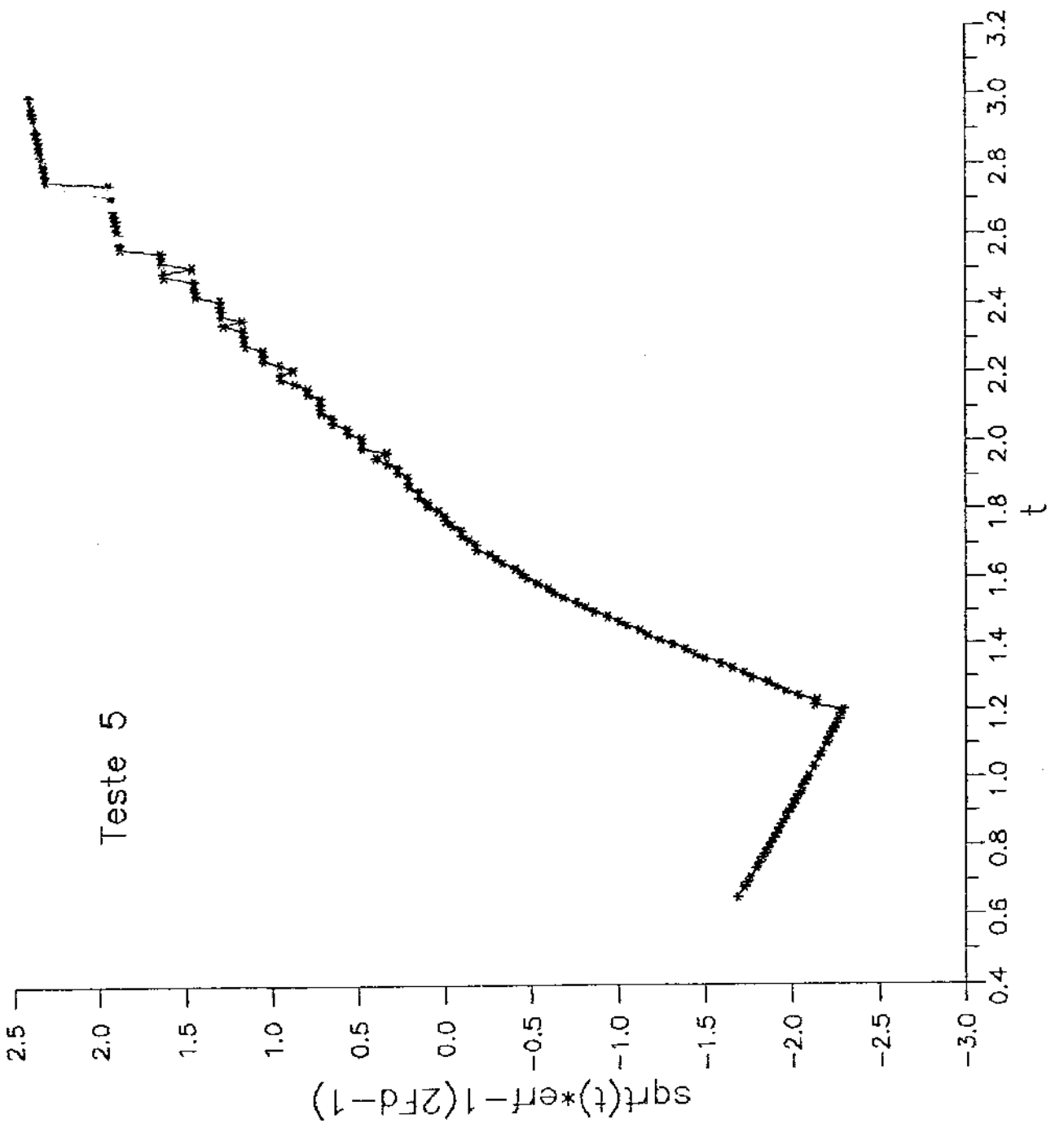




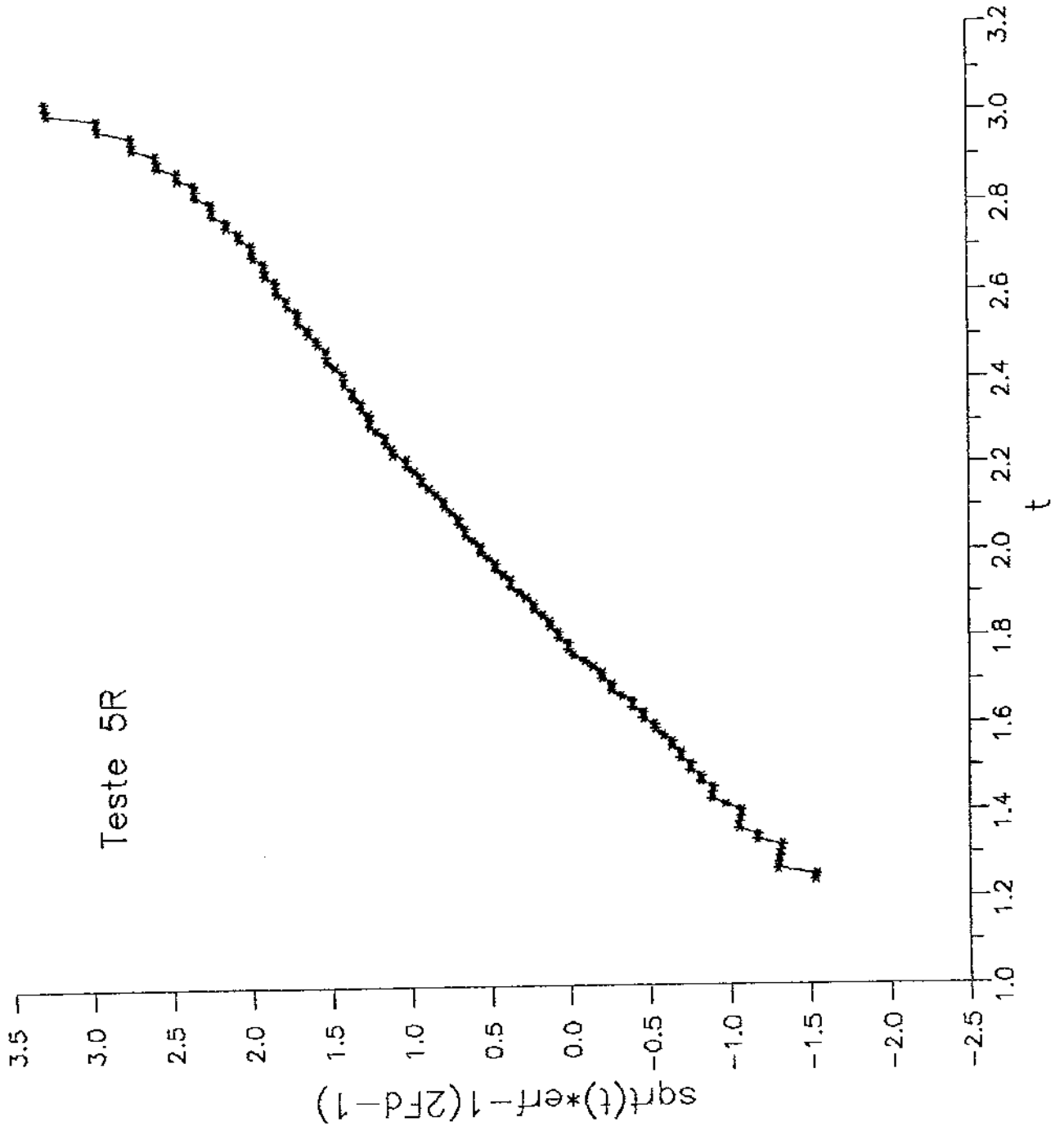




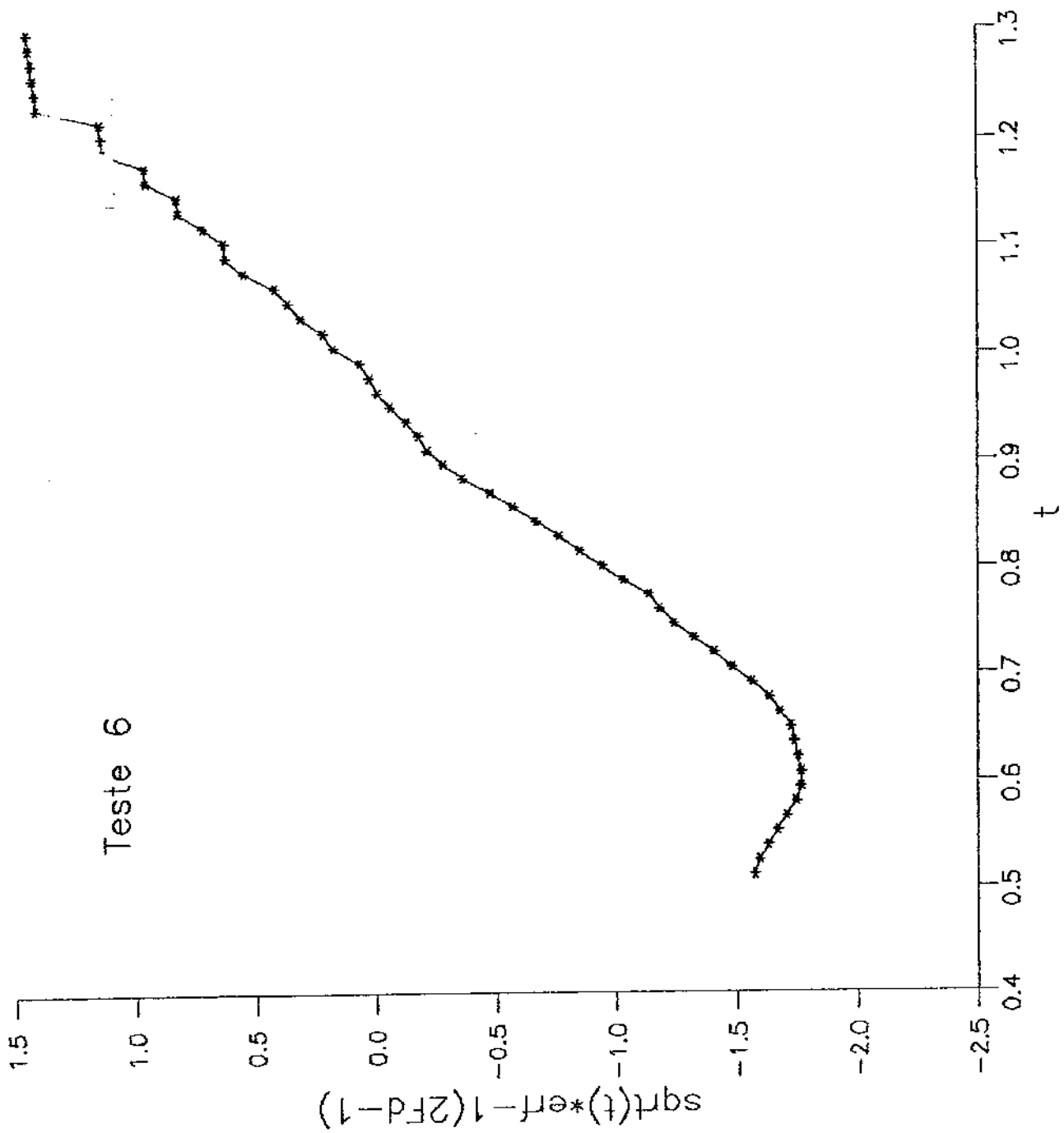


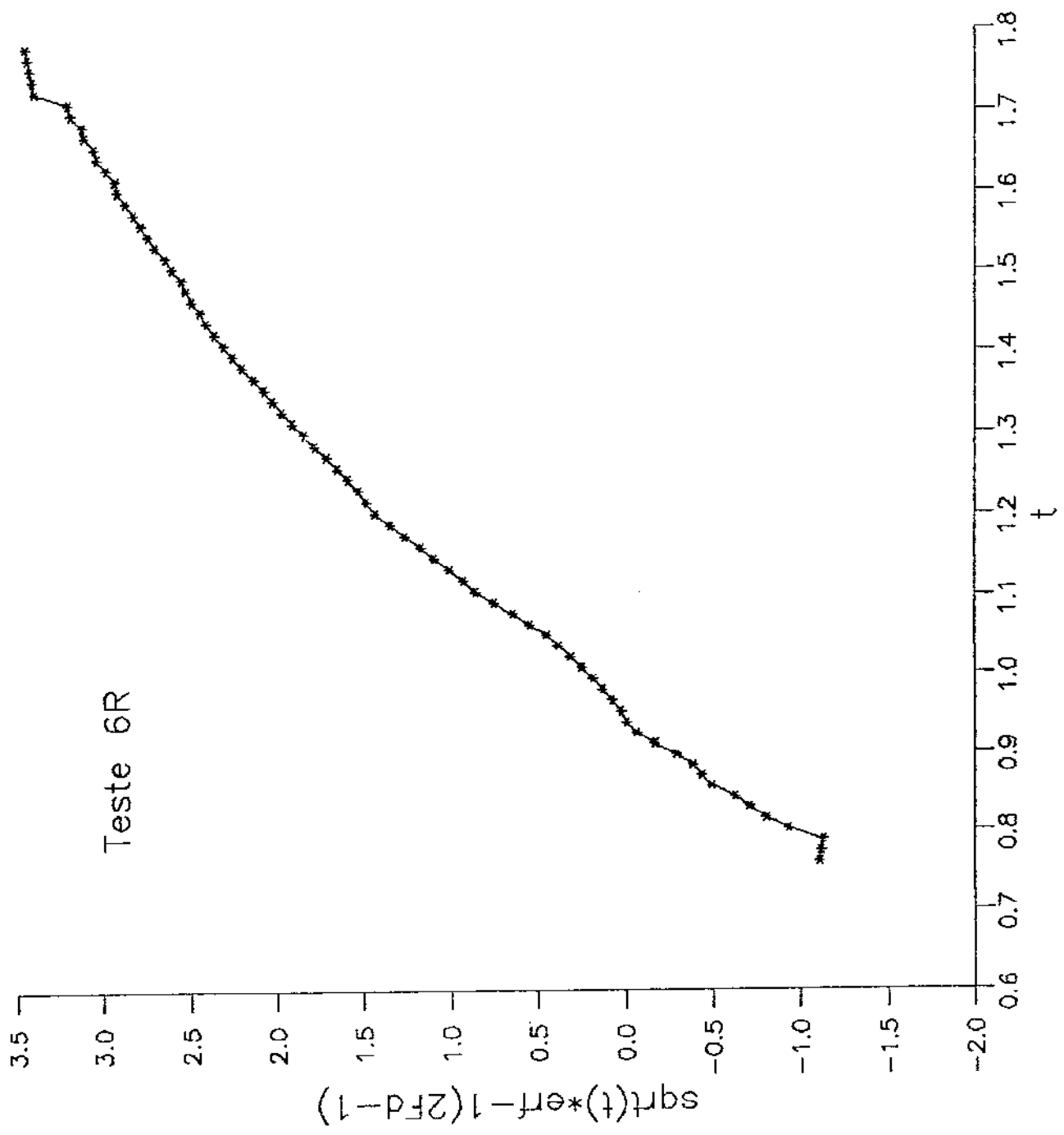


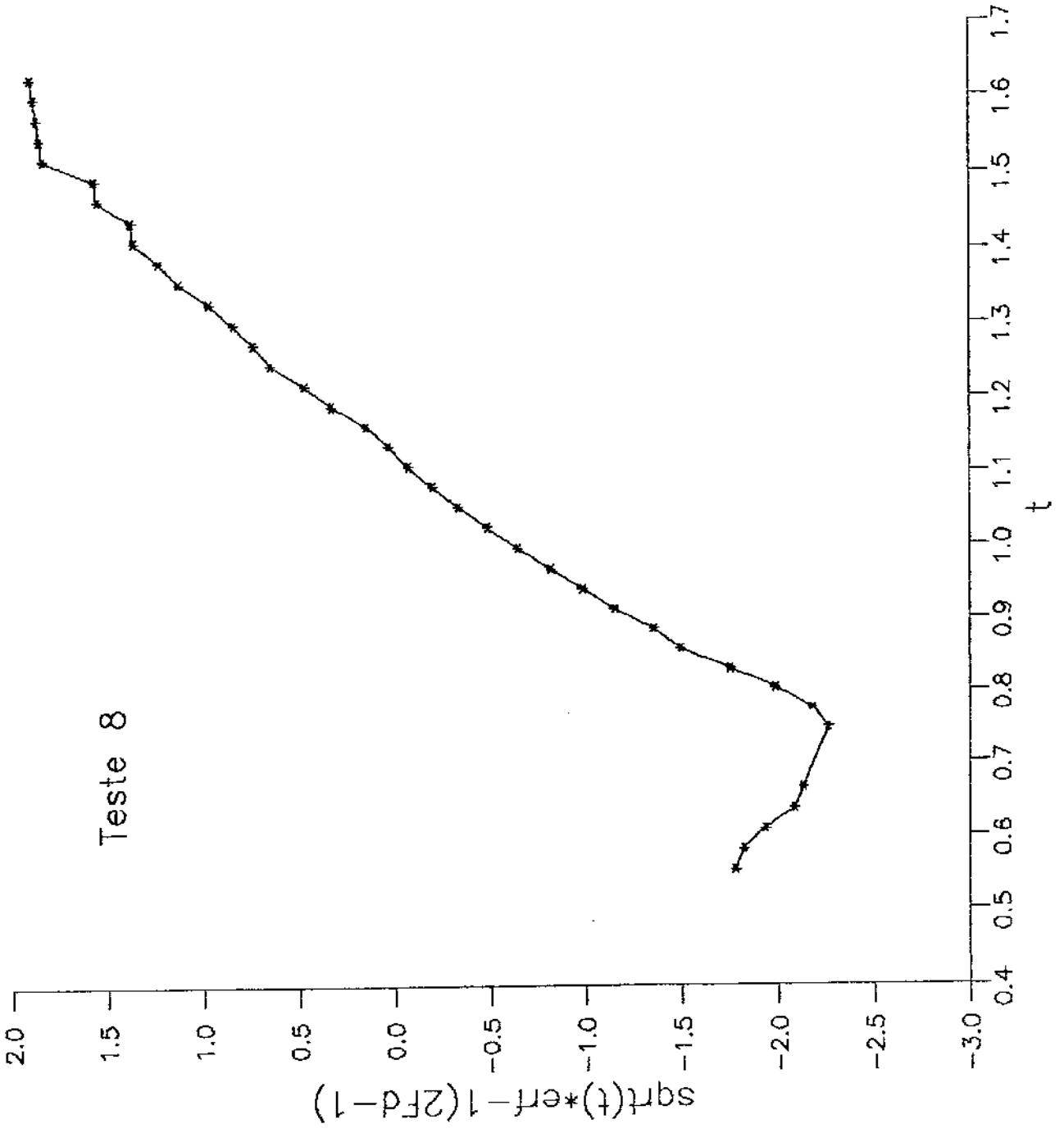
Teste 5R



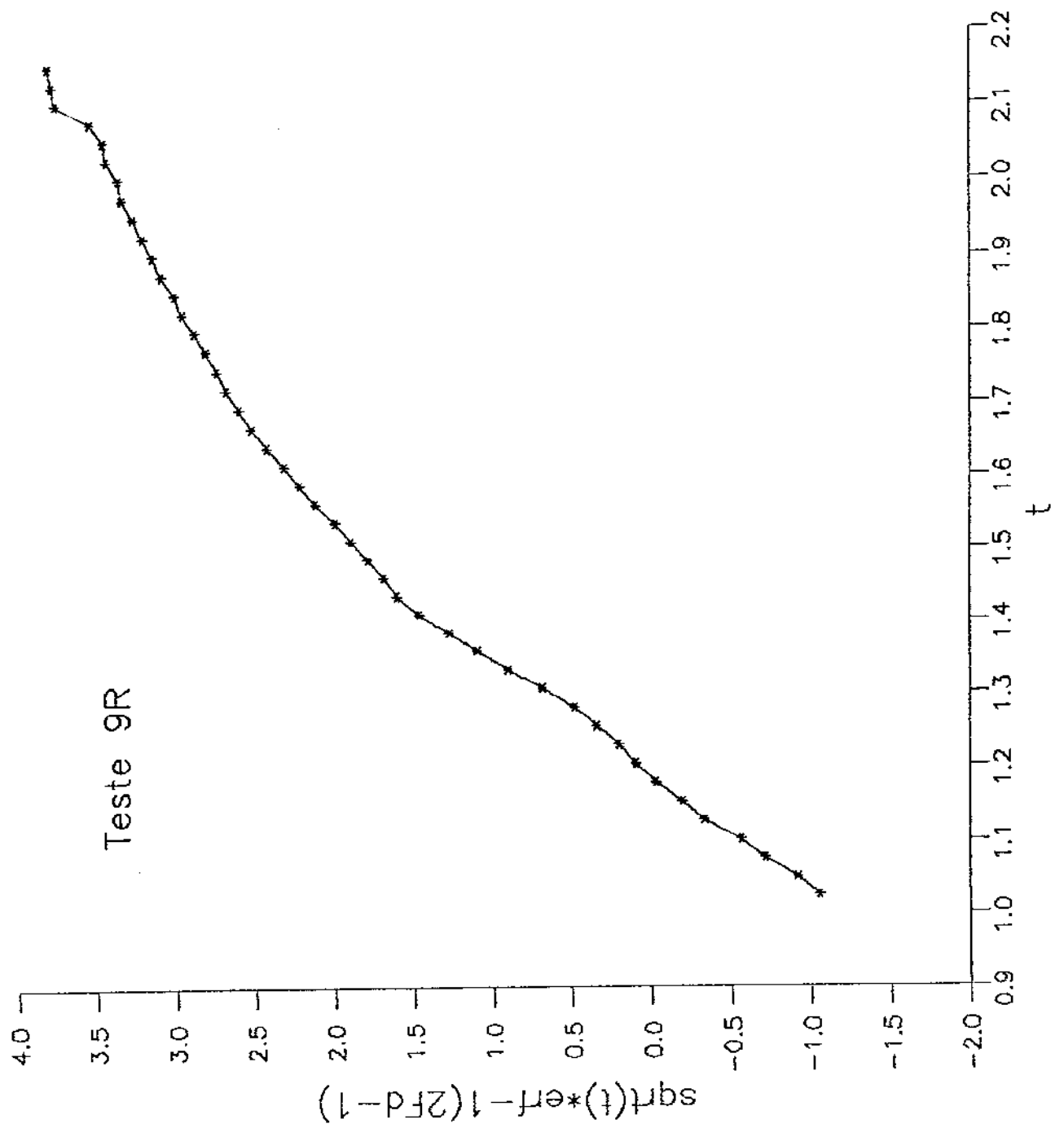
Teste 6



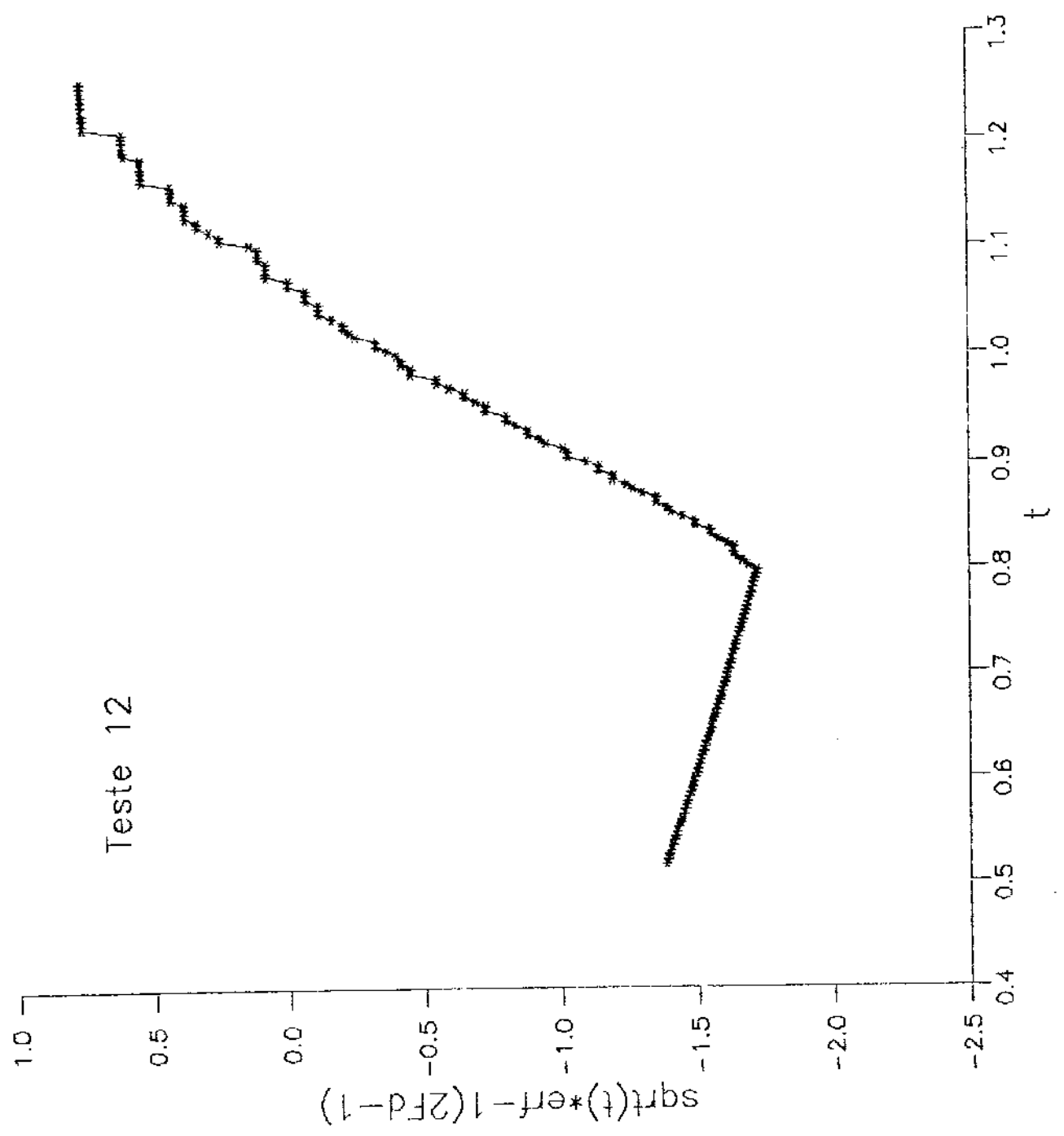


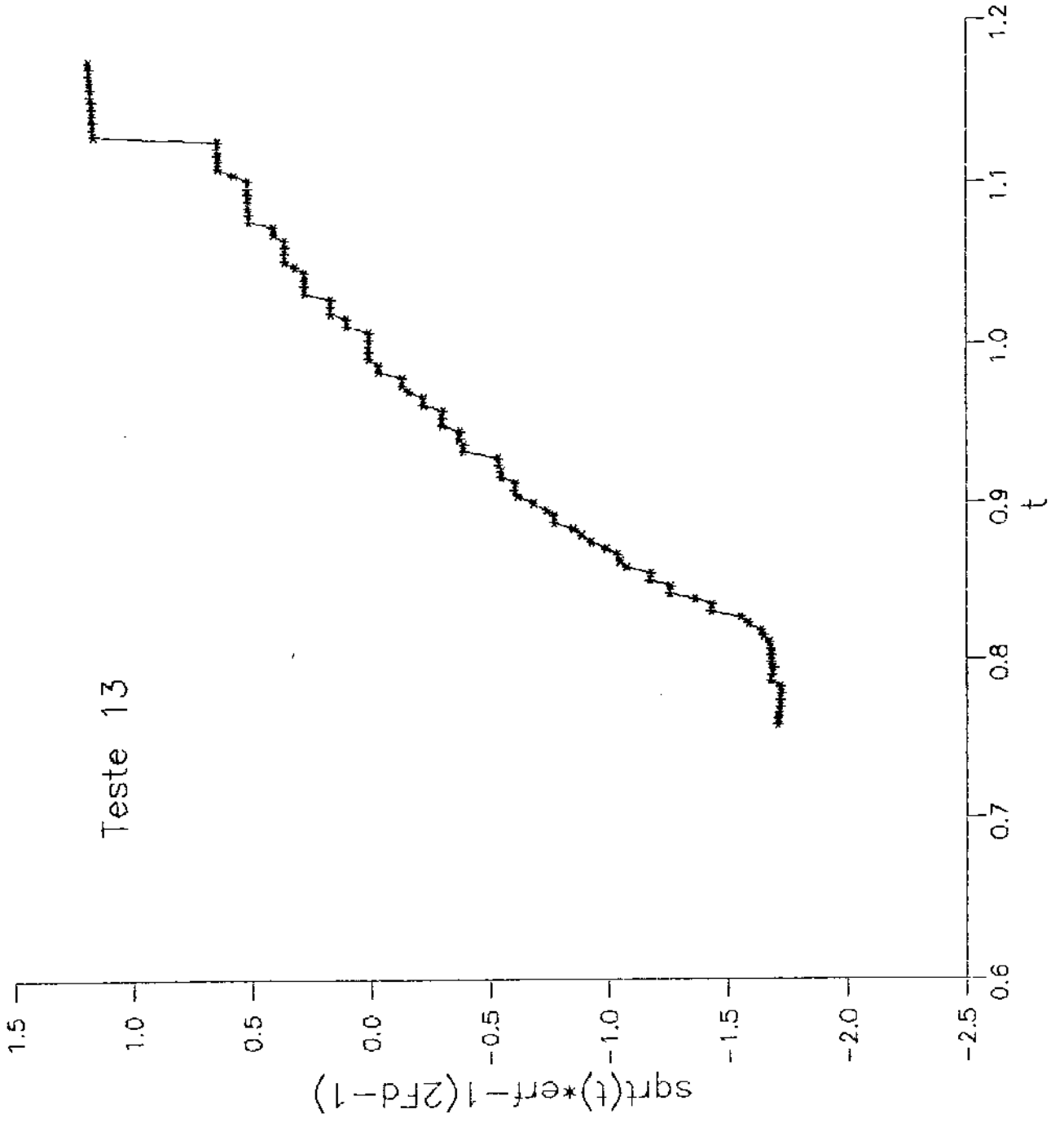


Teste 9R

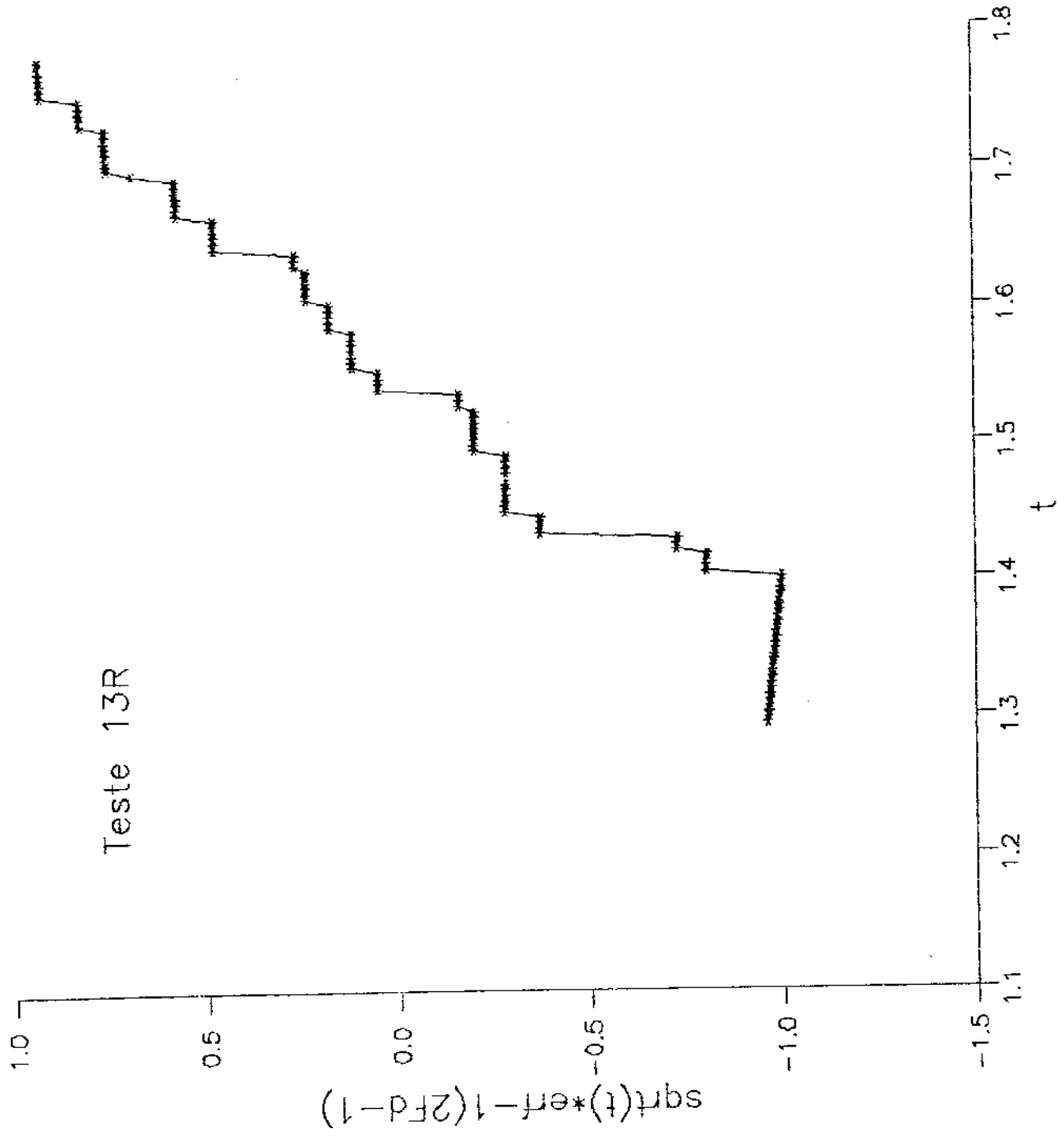


Teste 12

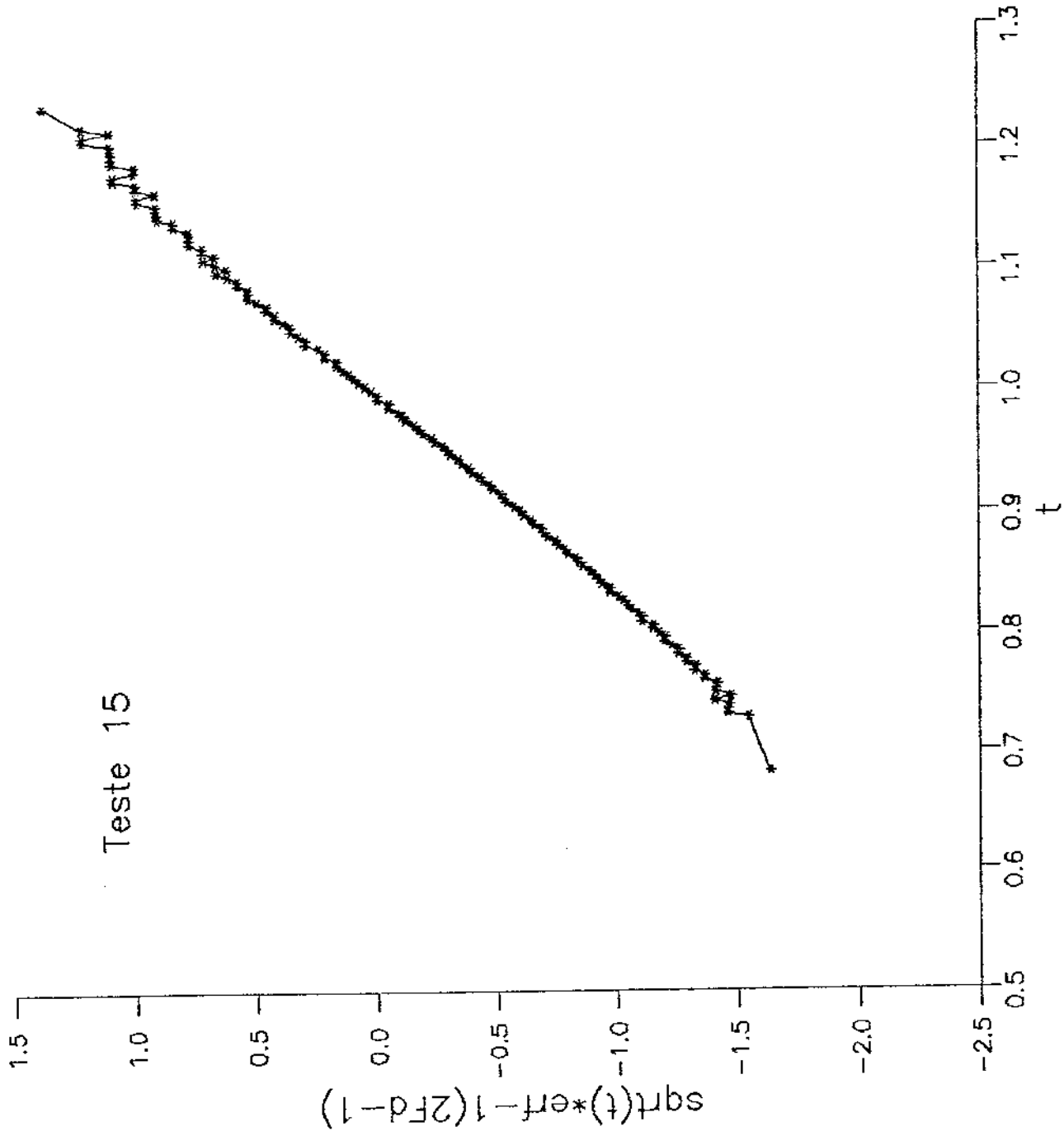


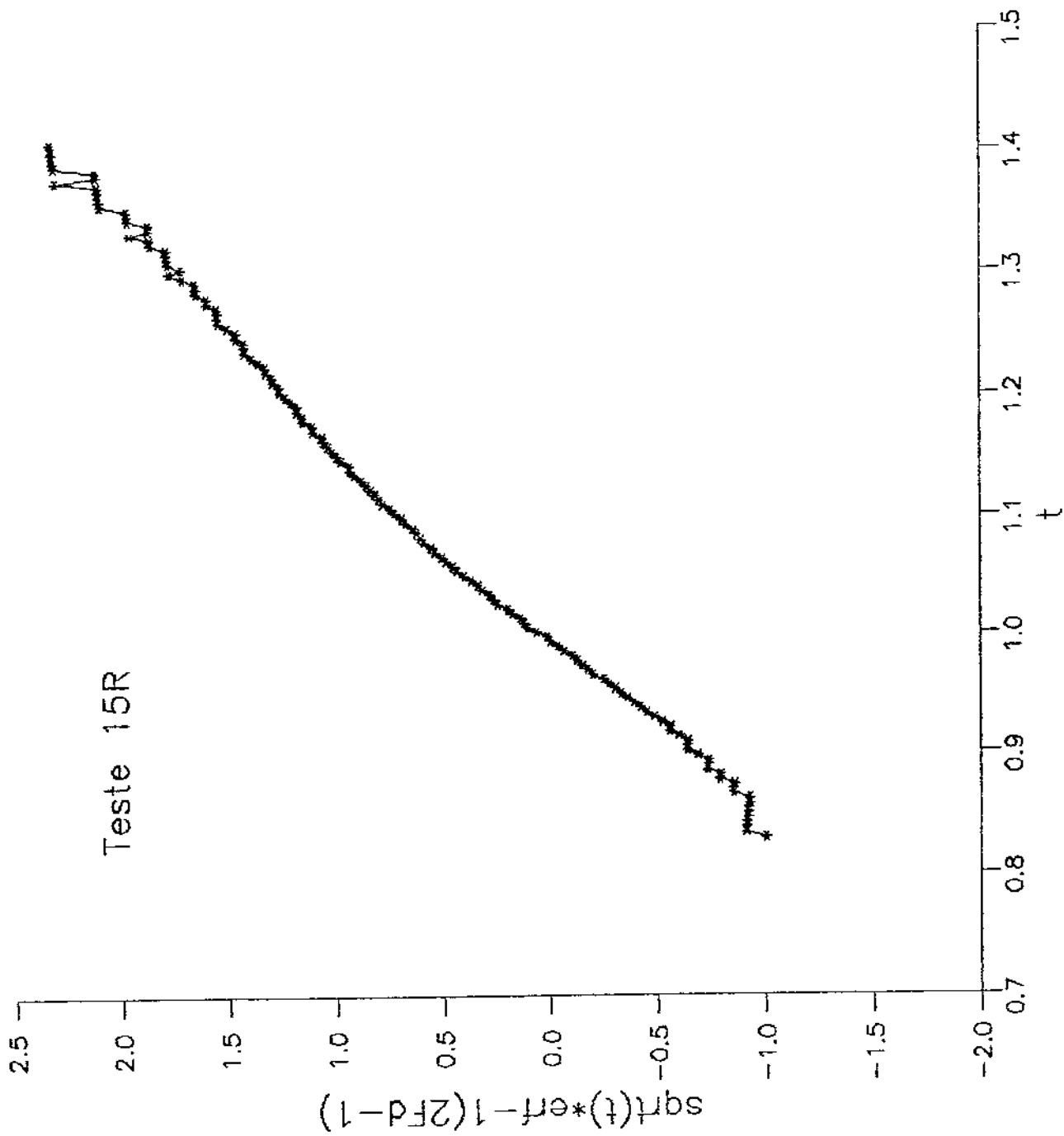


Teste 13R

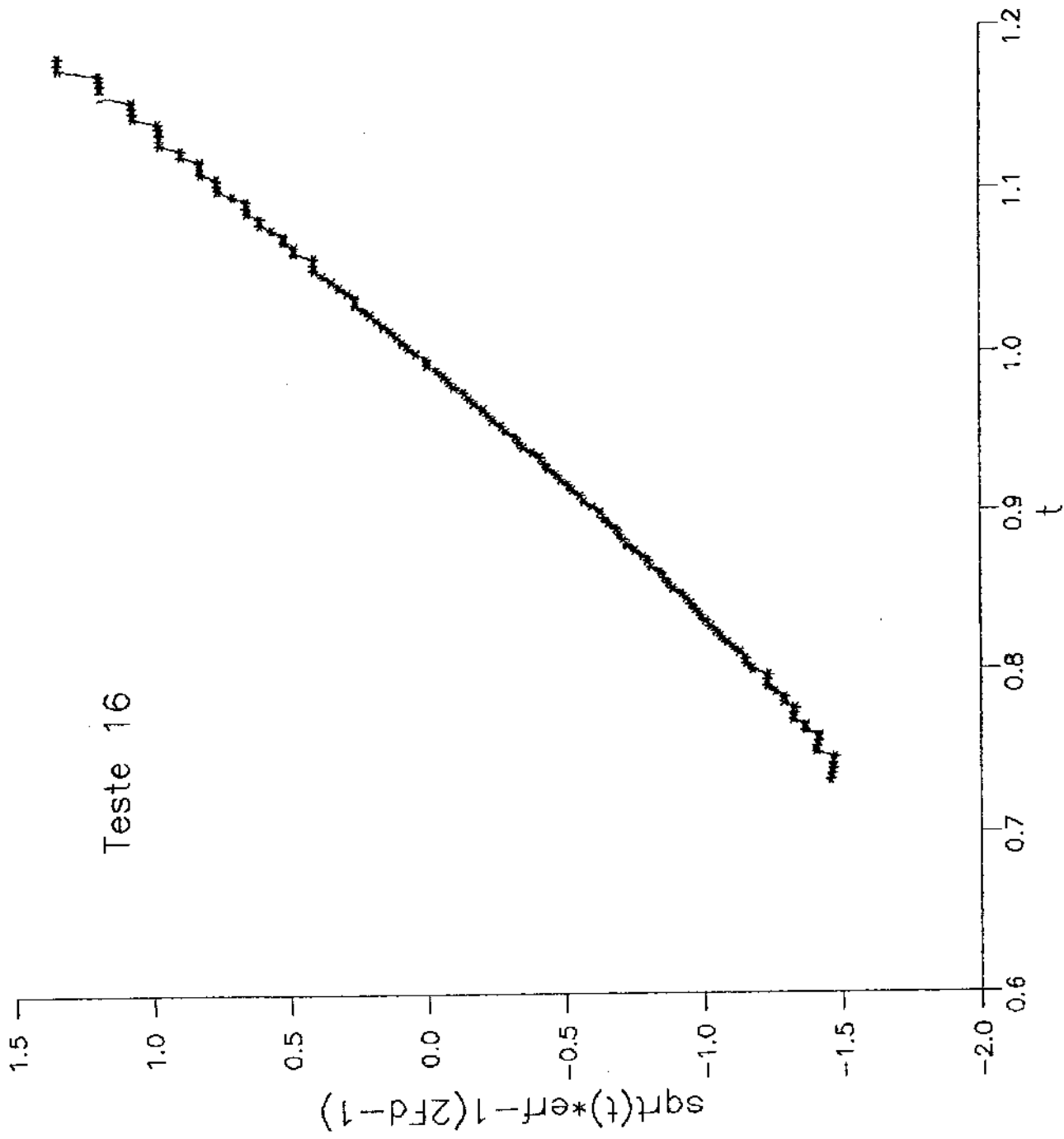


Teste 15

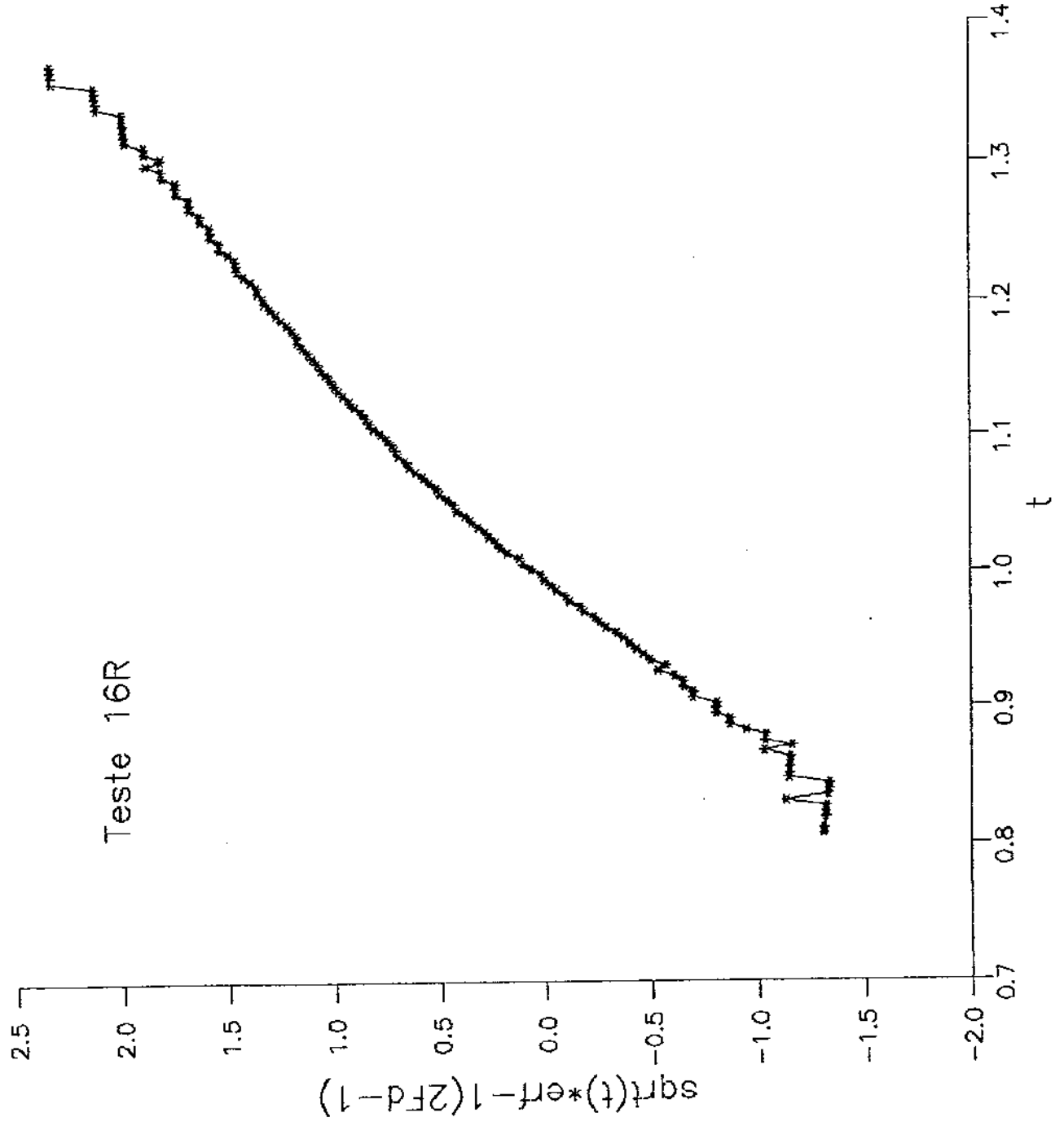




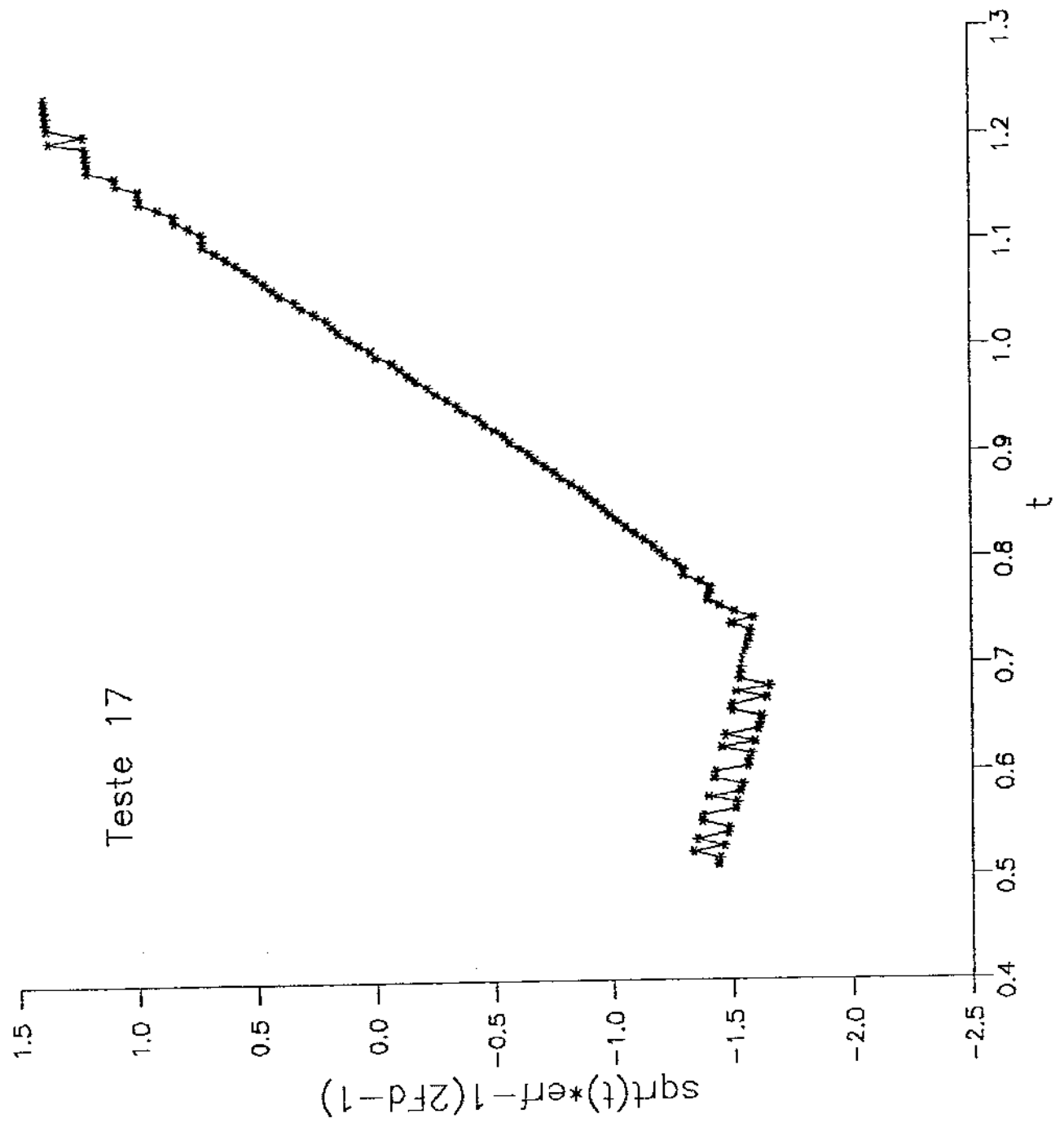
Teste 16

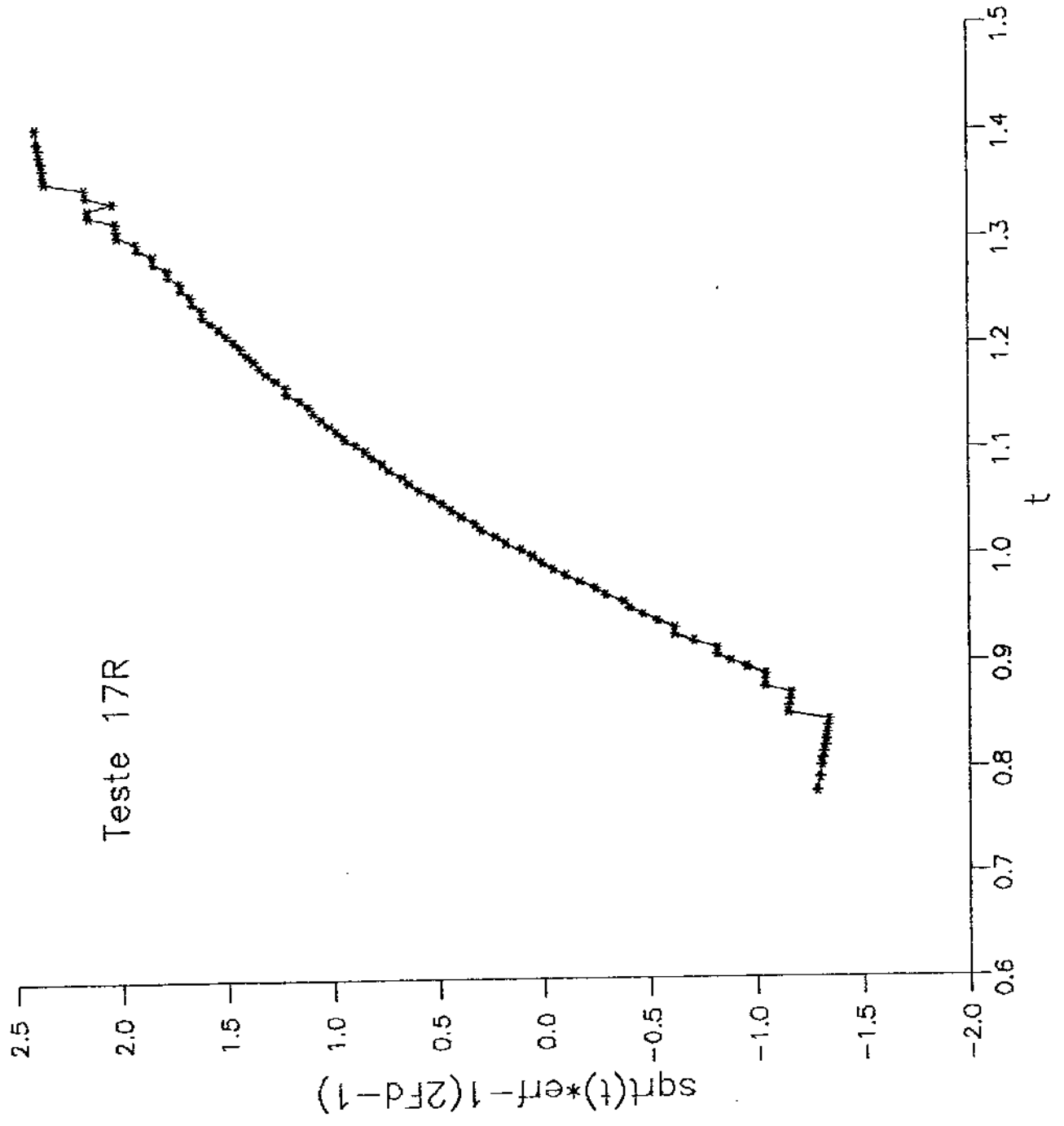


Teste 16R

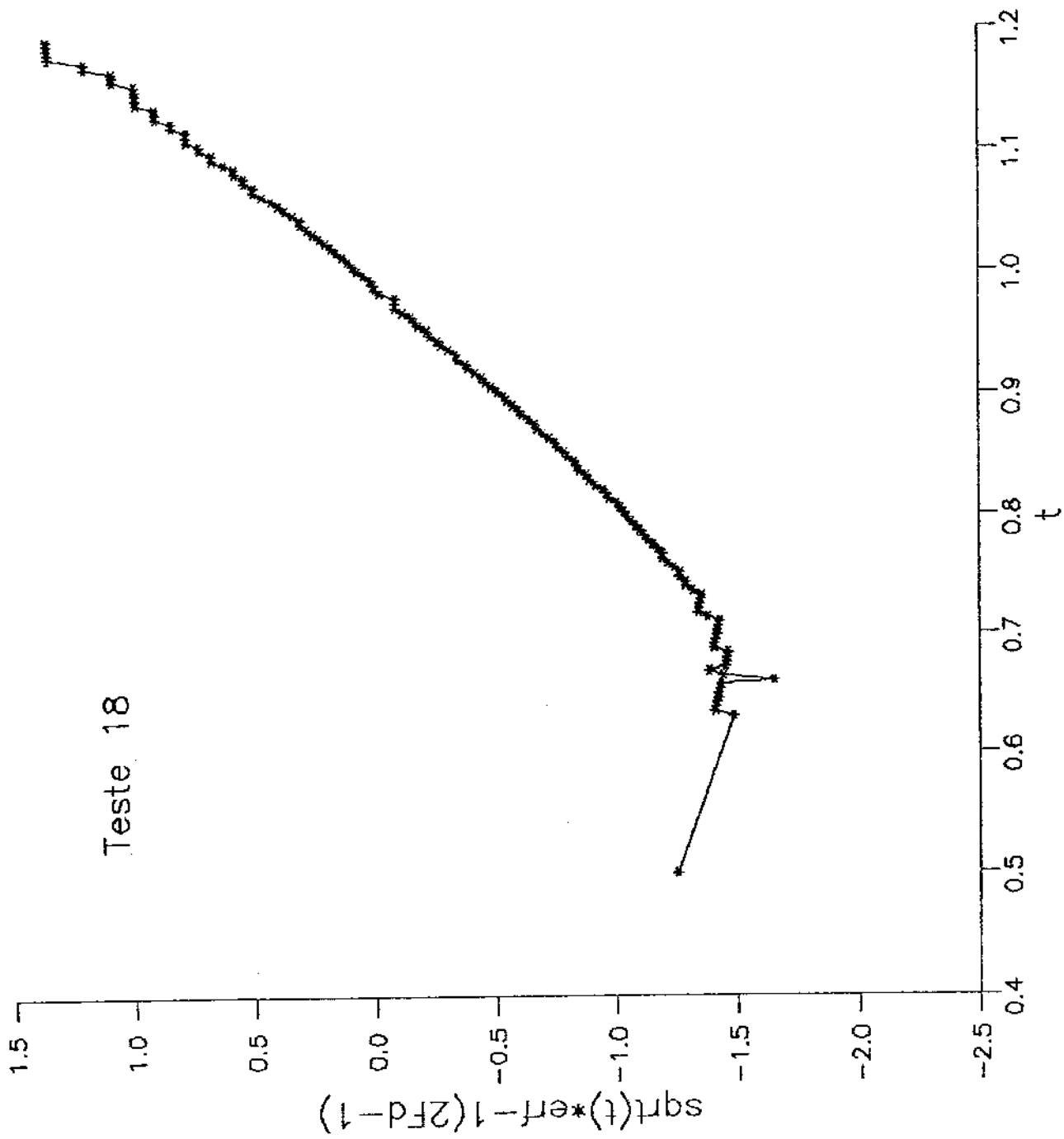


Teste 17

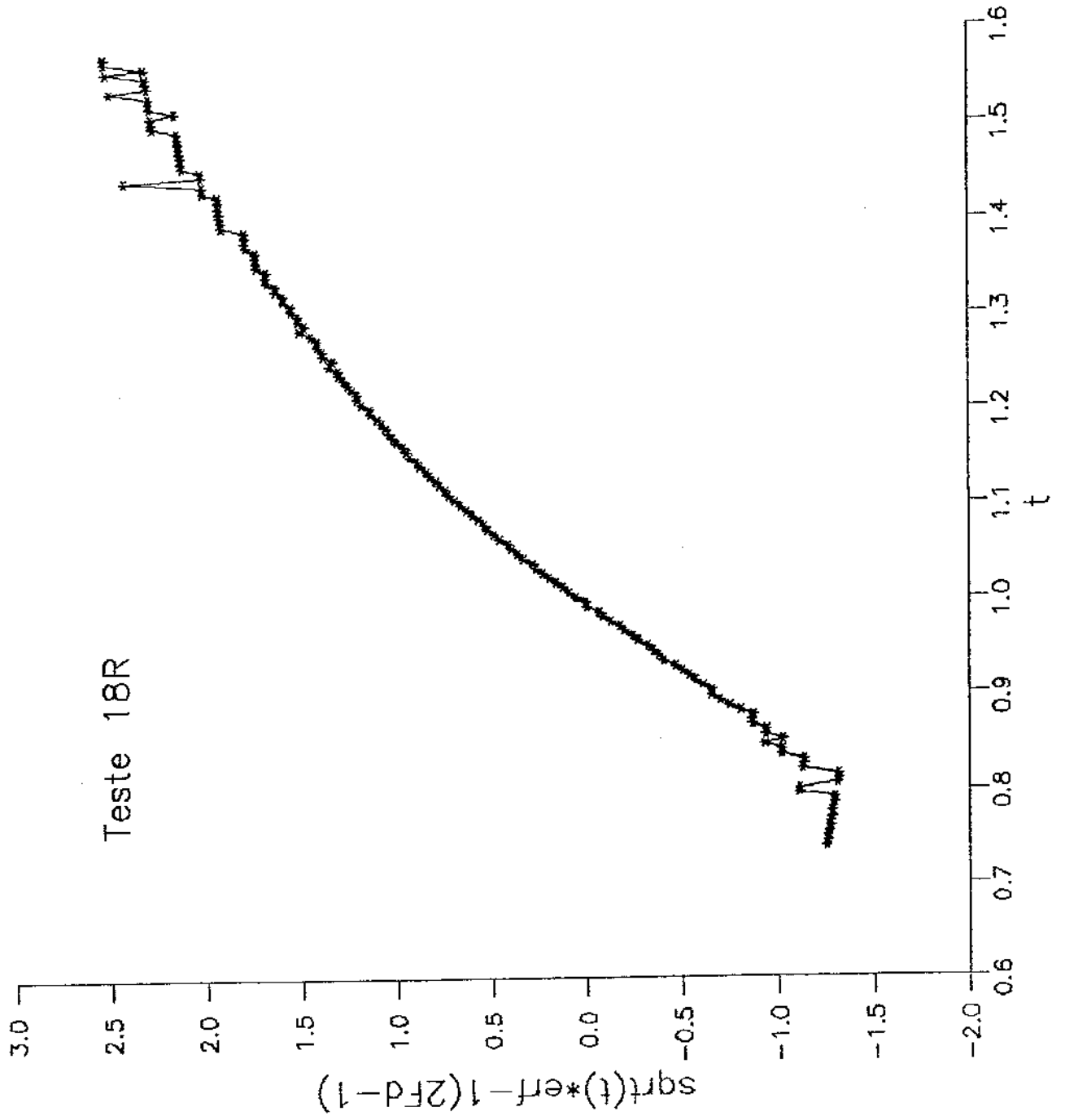




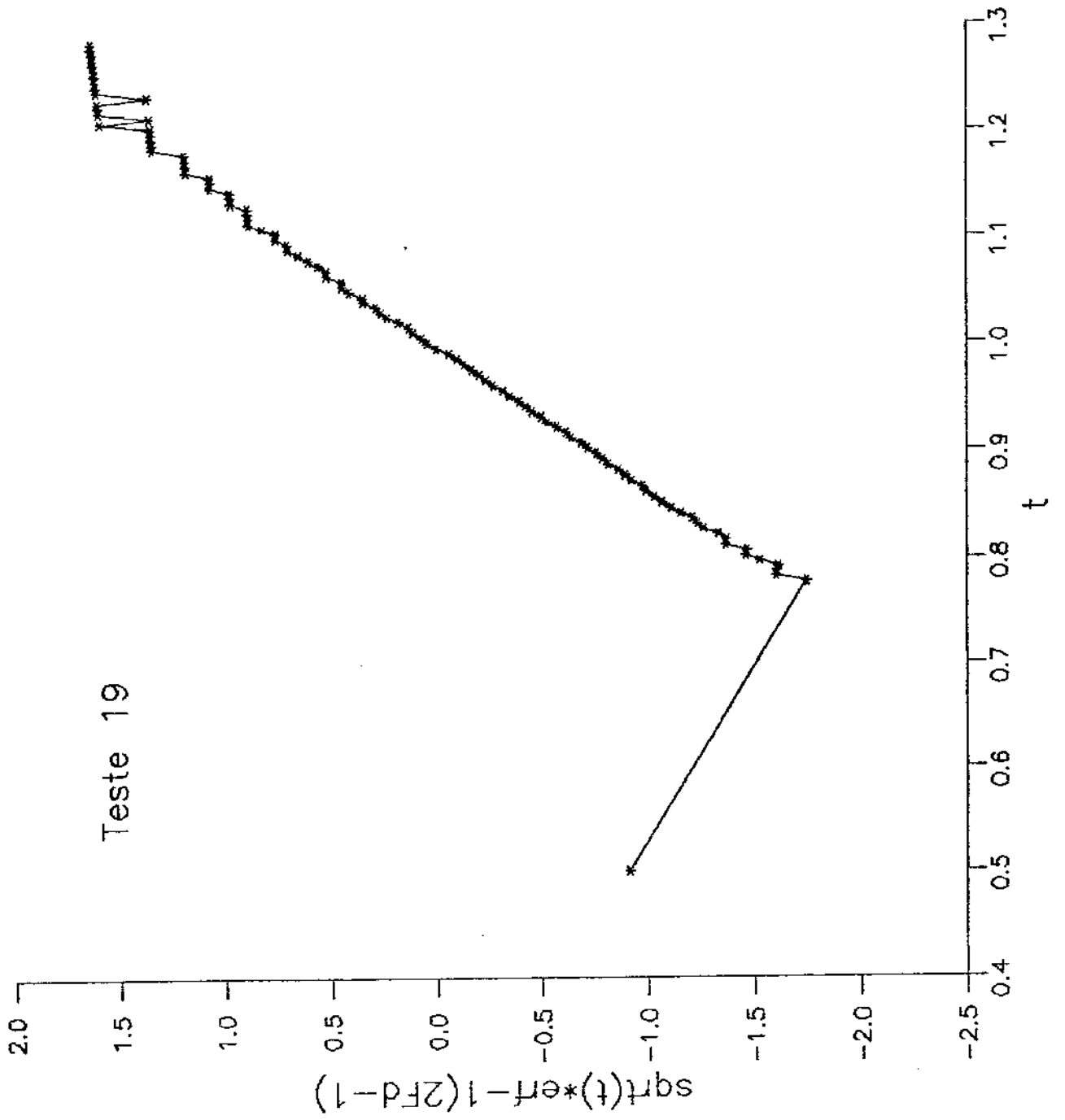
Teste 18



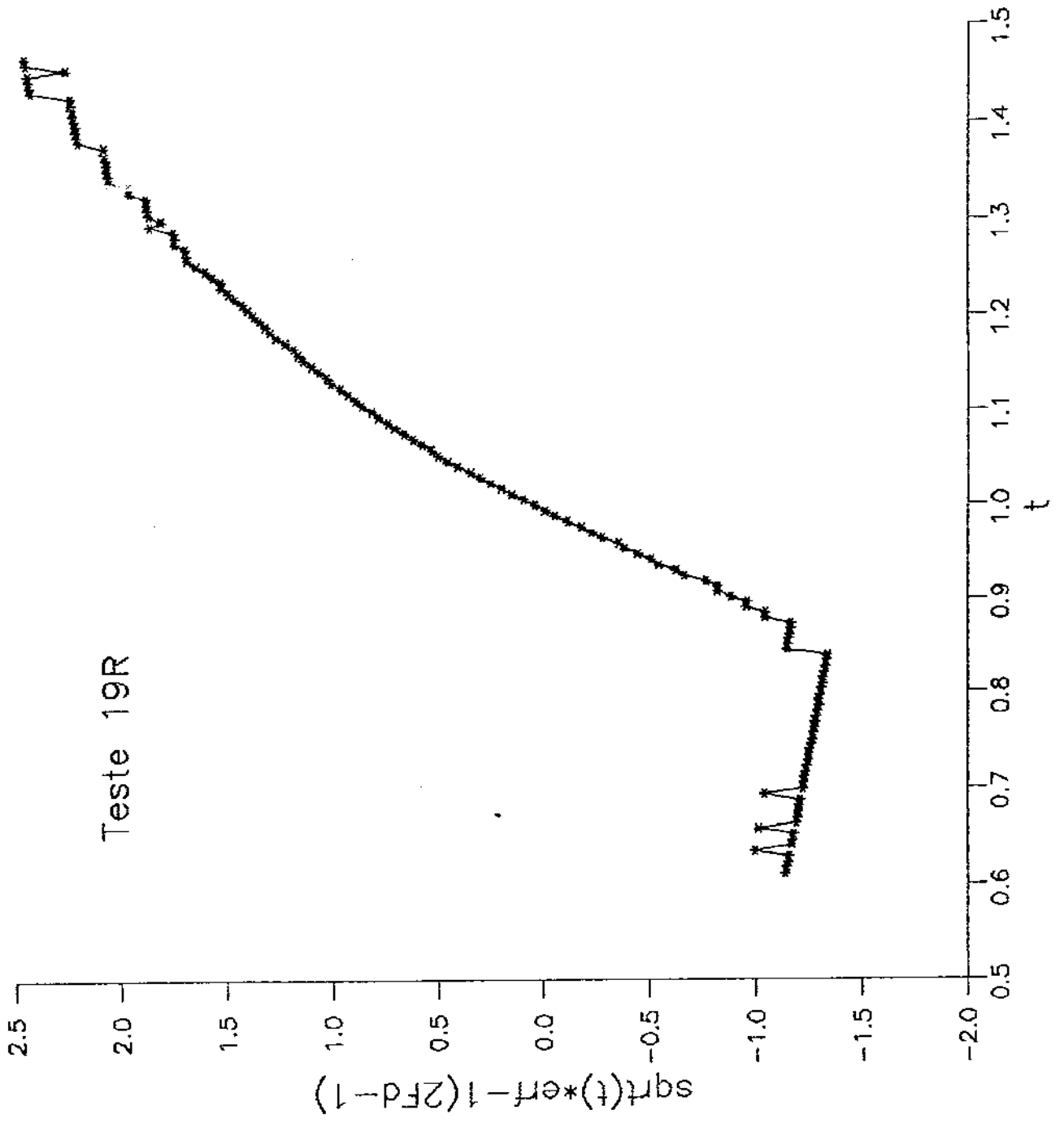
Teste 18R



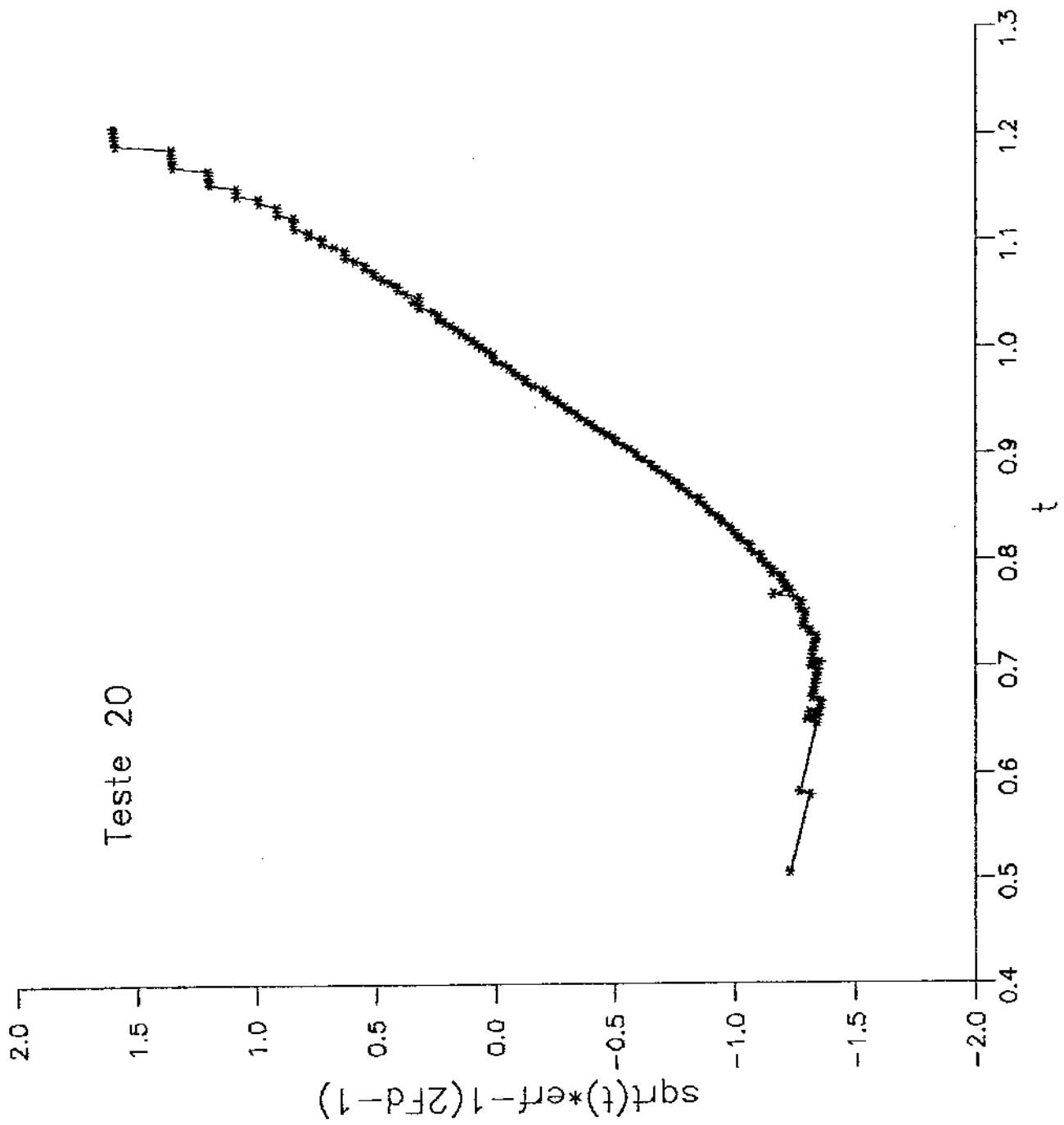
Teste 19

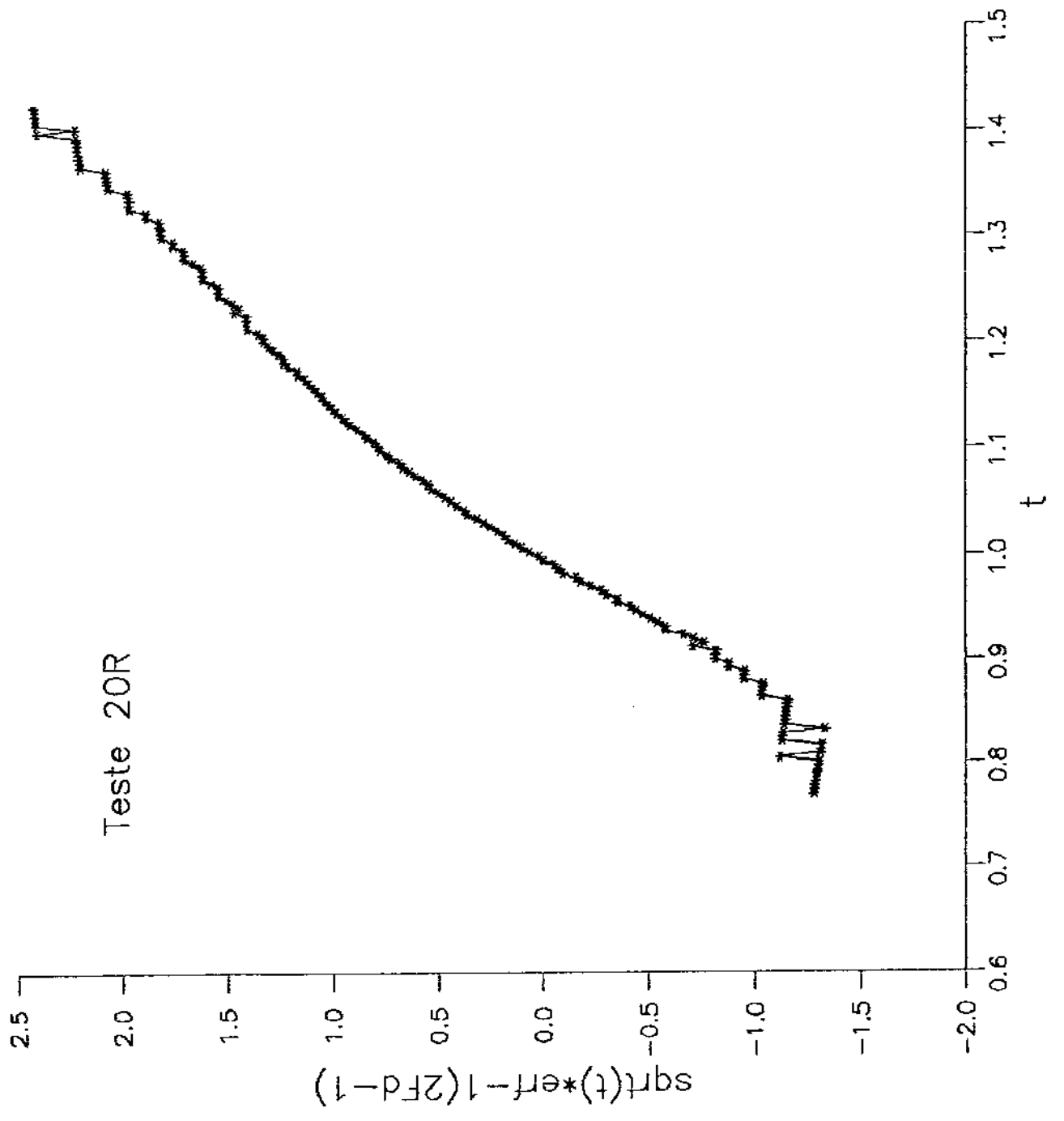


Teste 19R

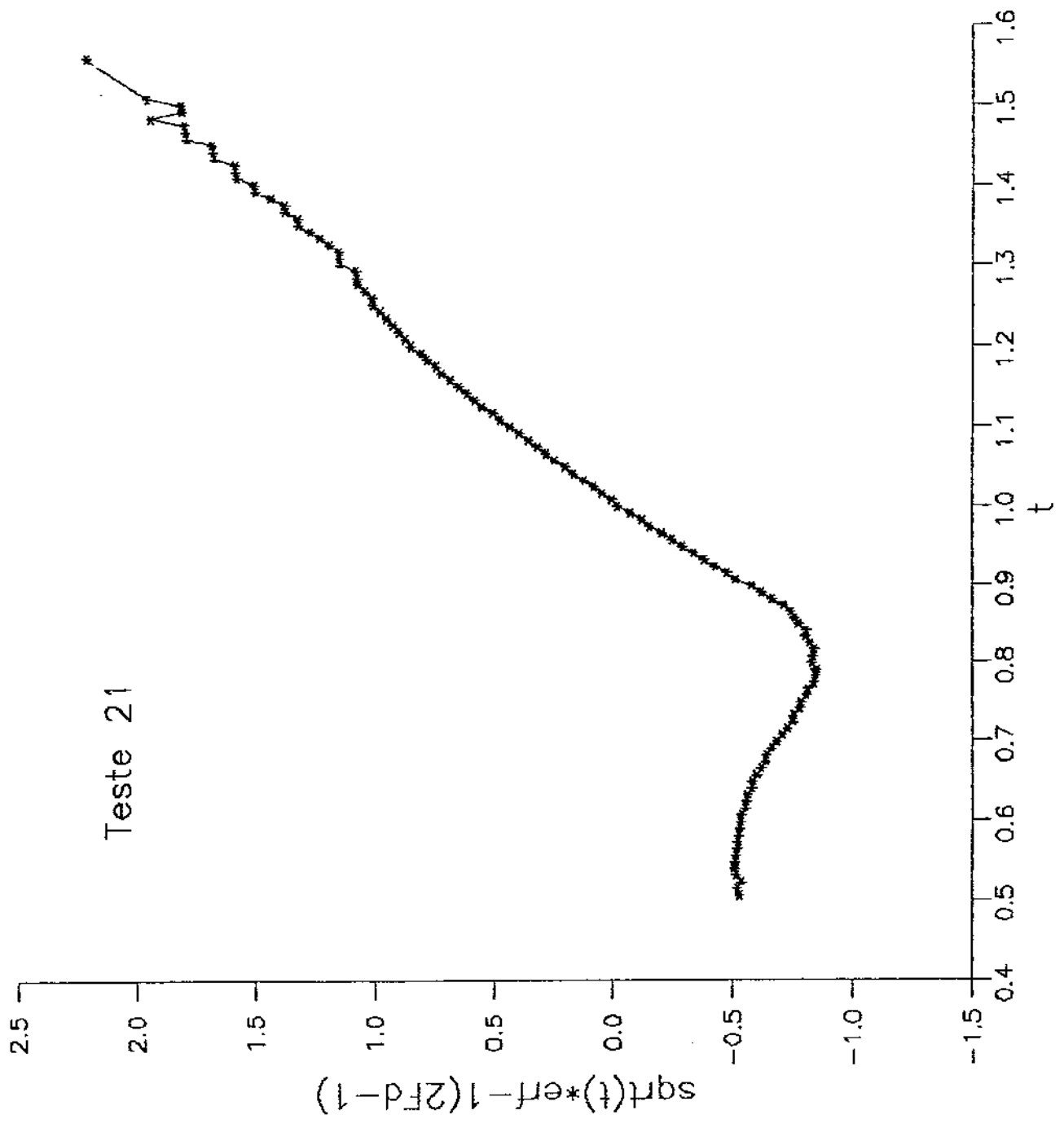


Teste 20

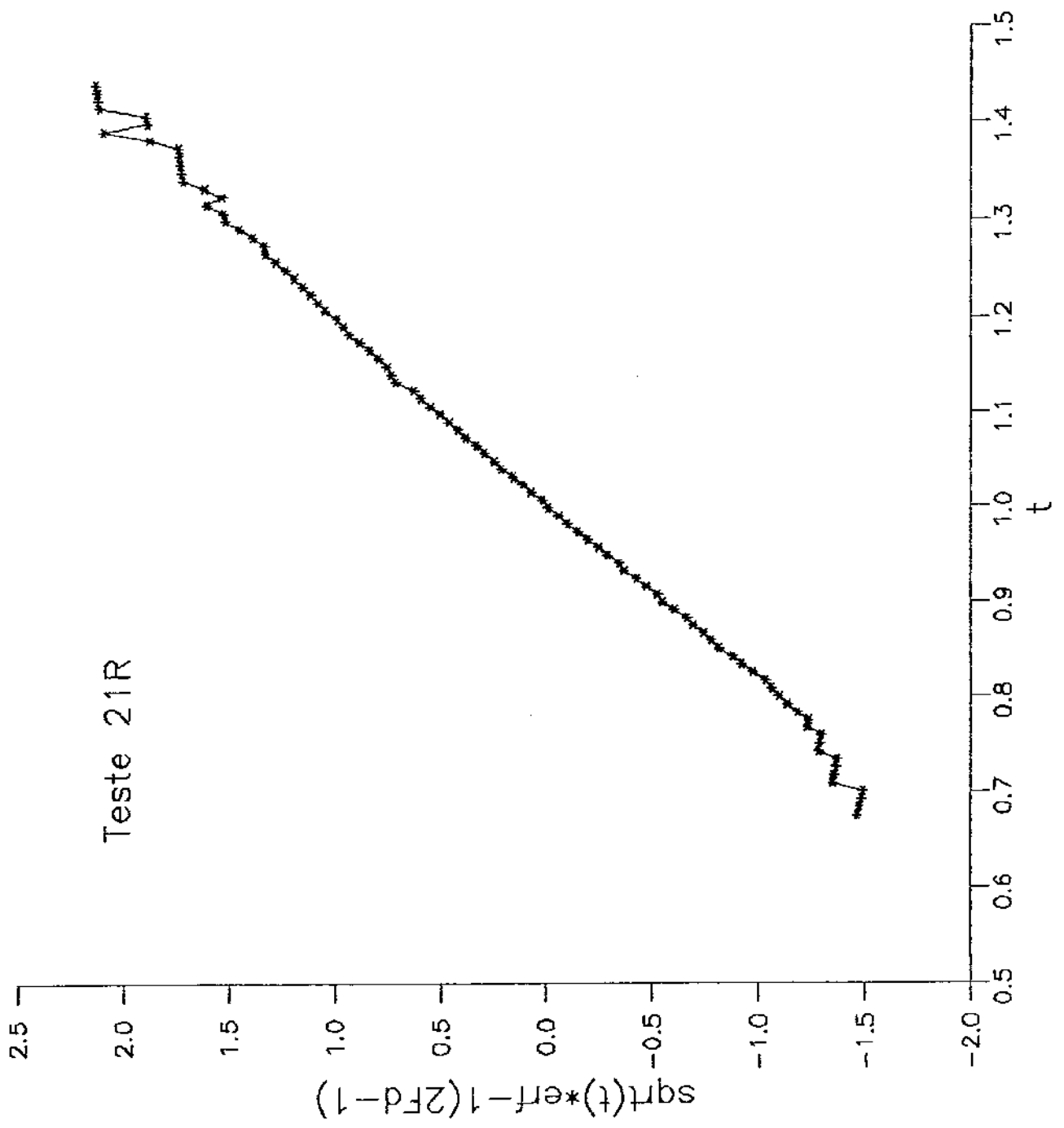




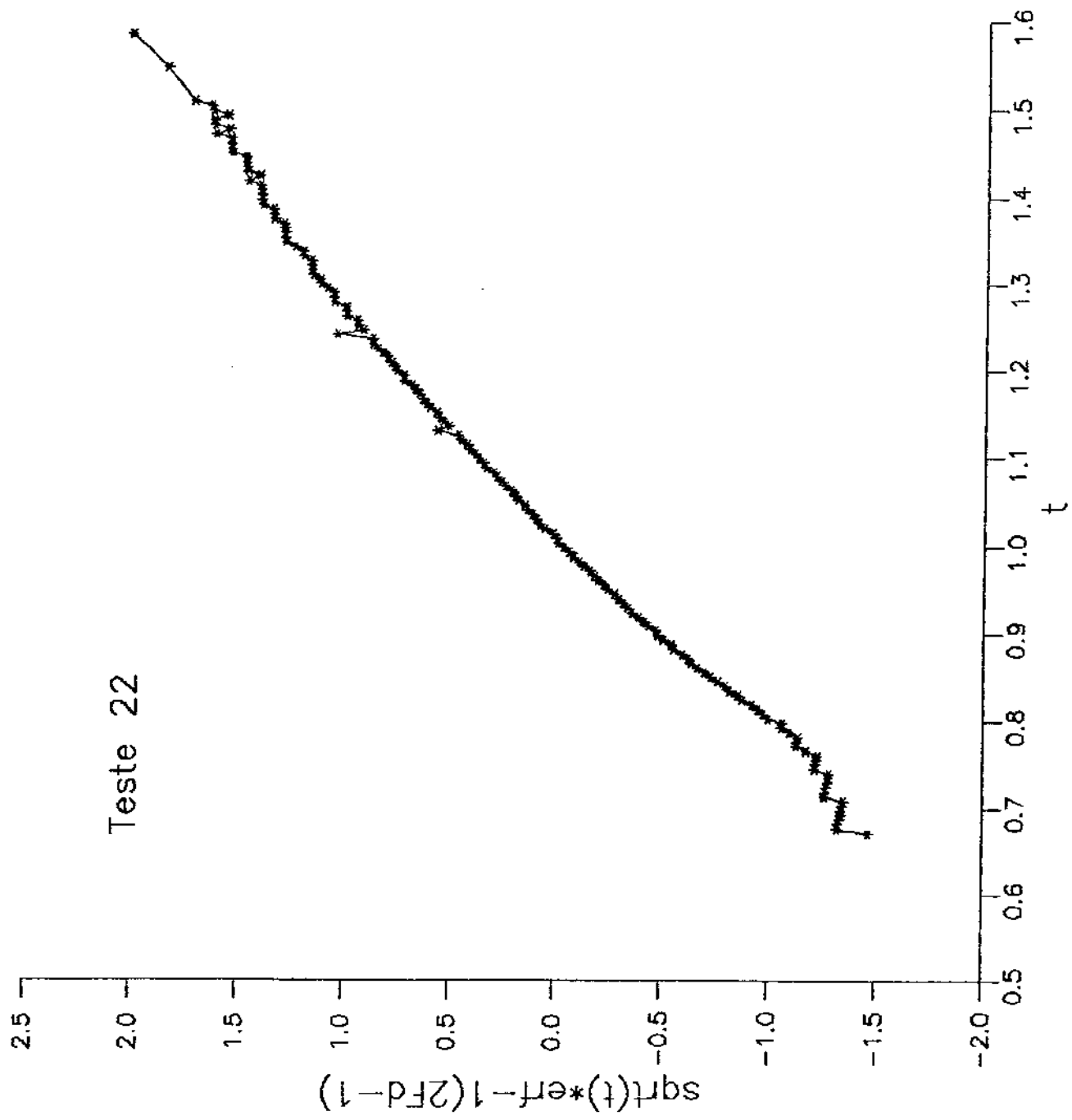
Teste 21



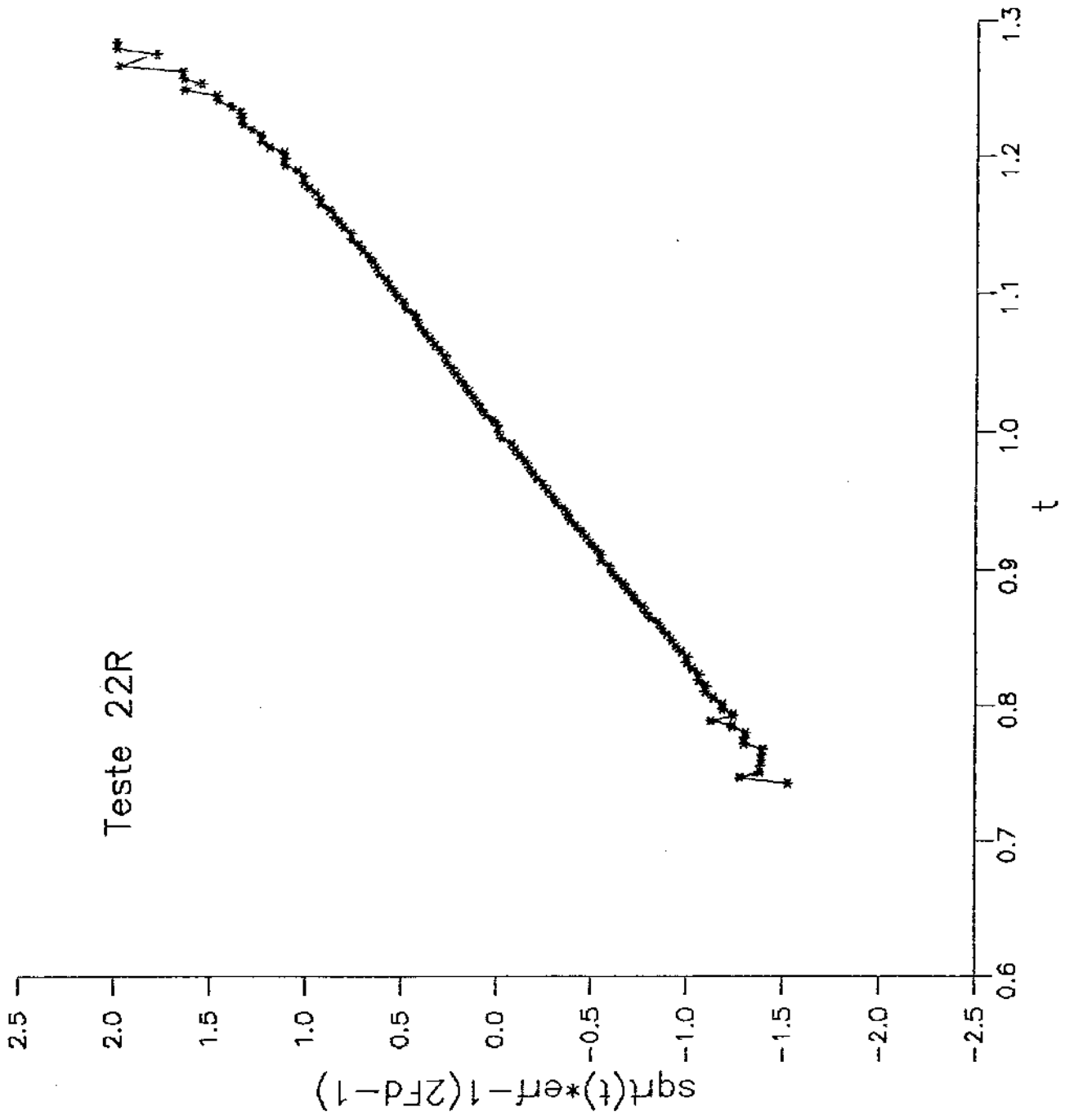
Teste 21R



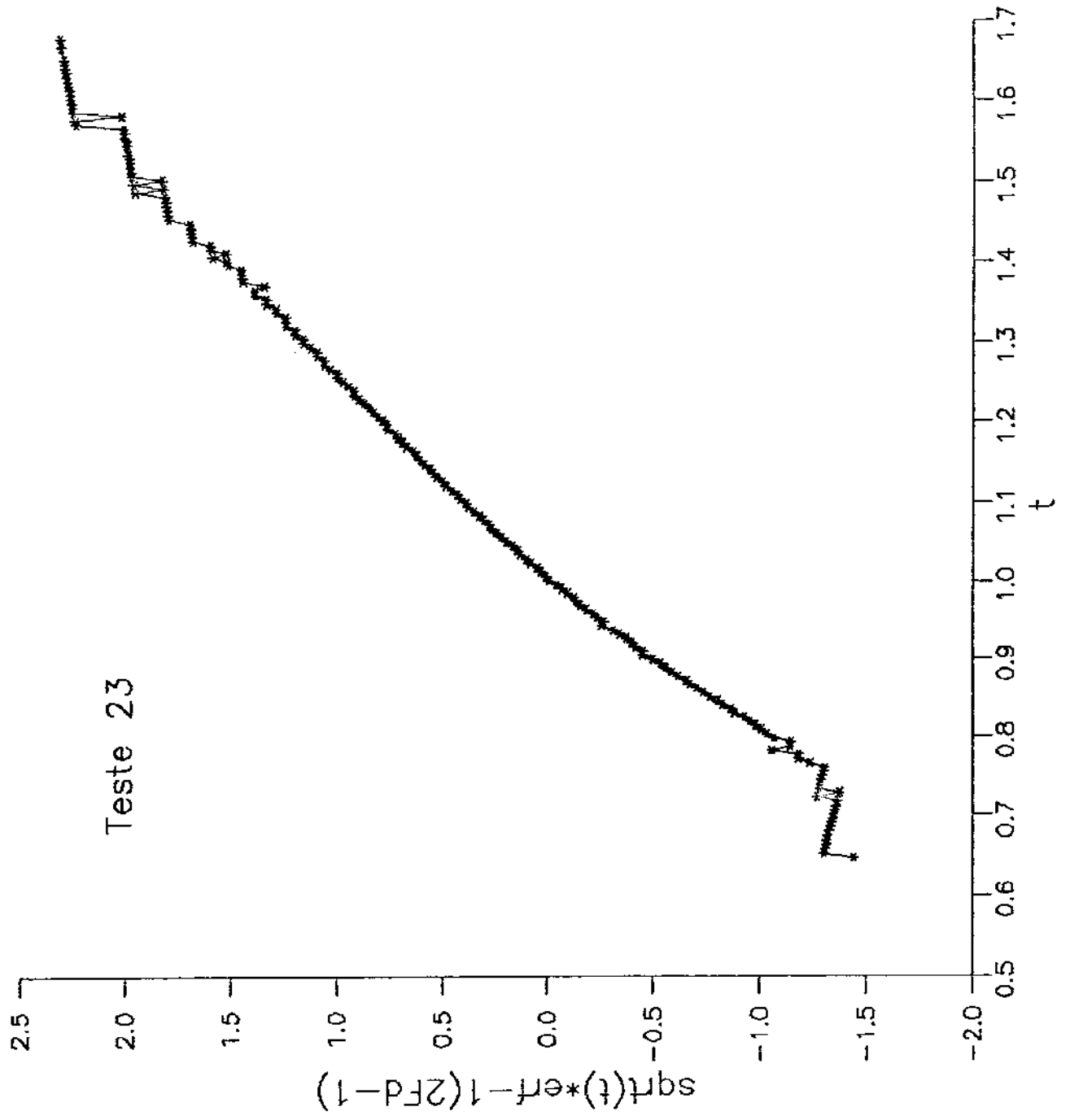
Teste 22

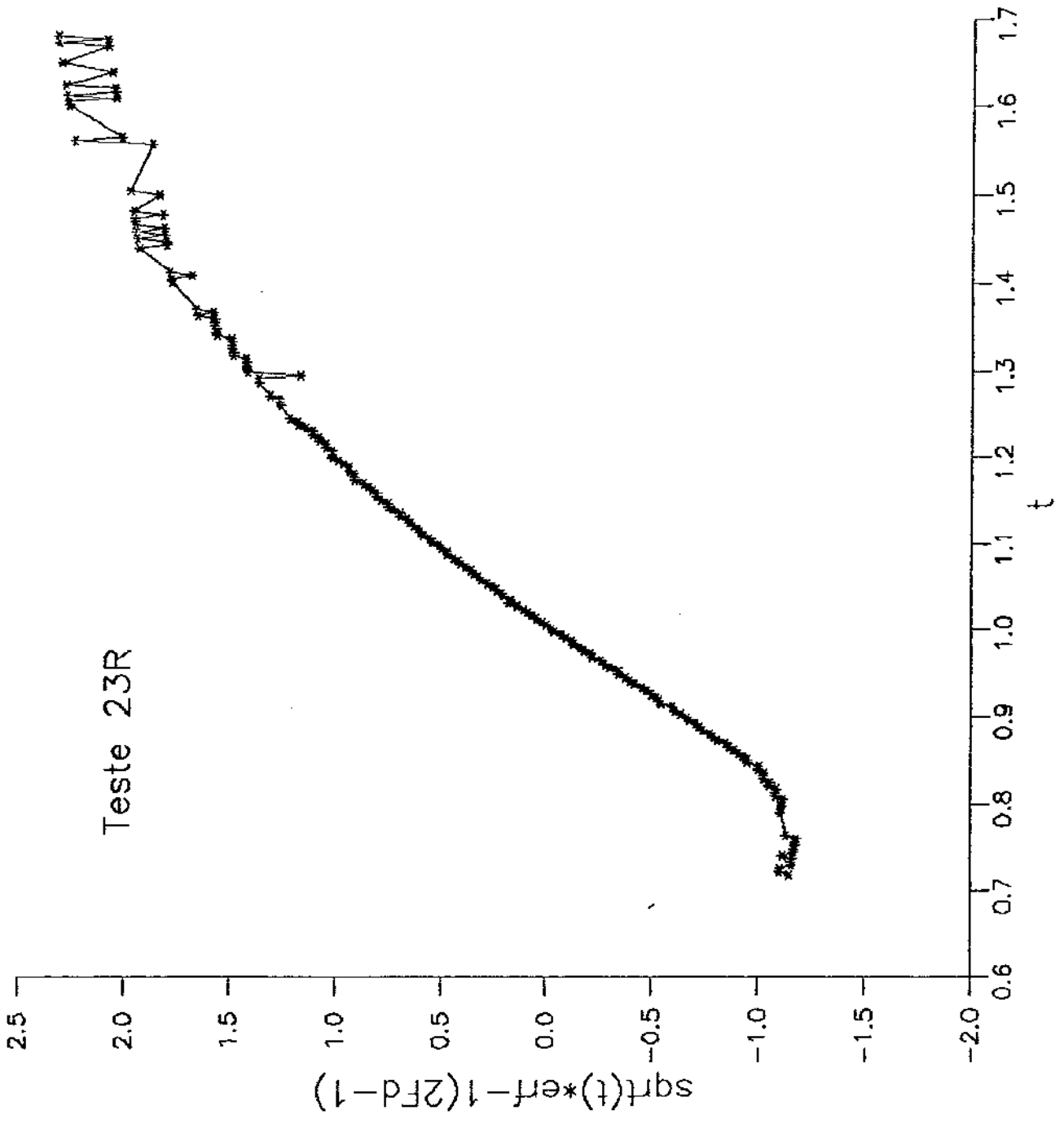


Teste 22R

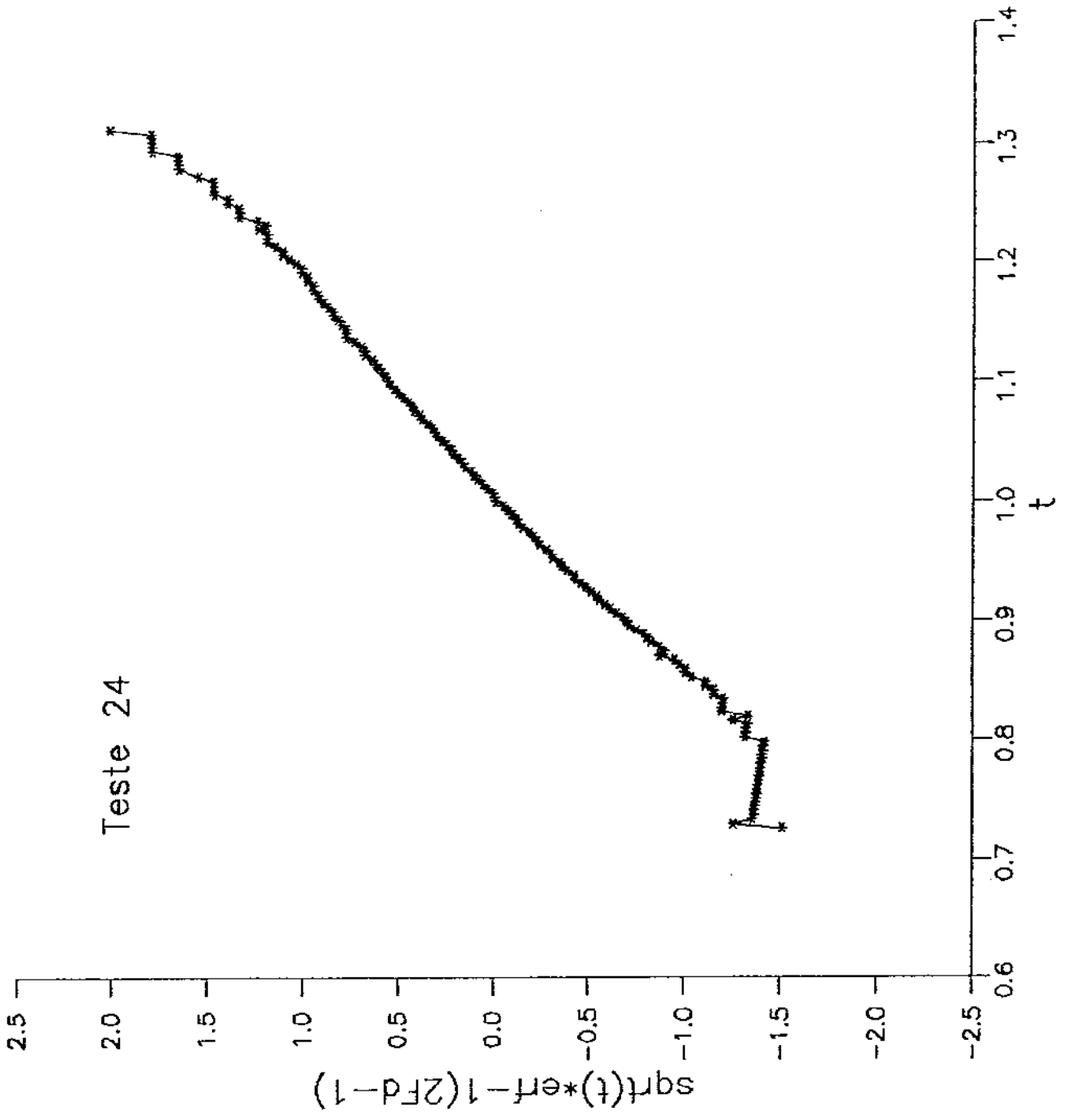


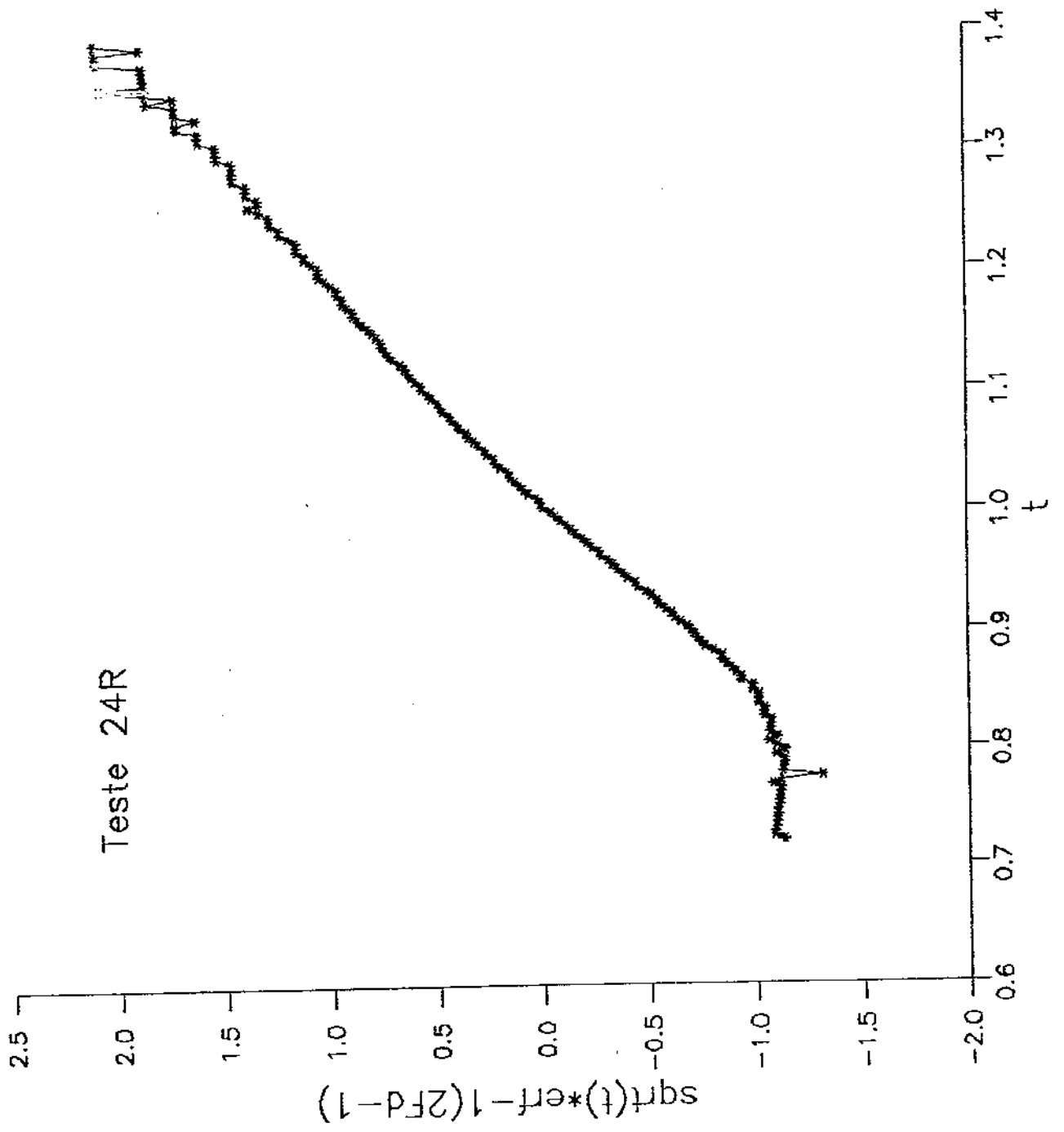
Teste 23



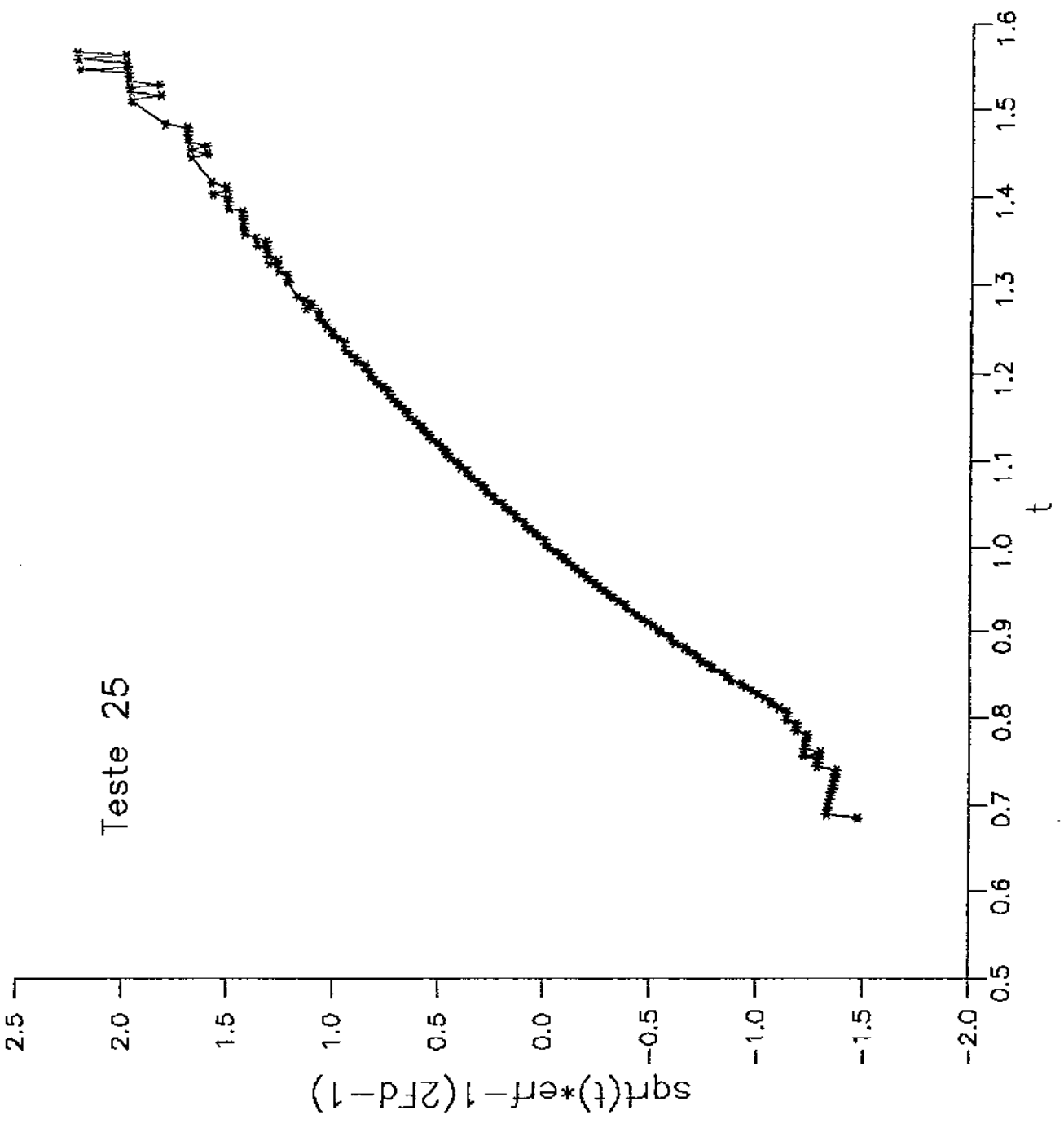


Teste 24

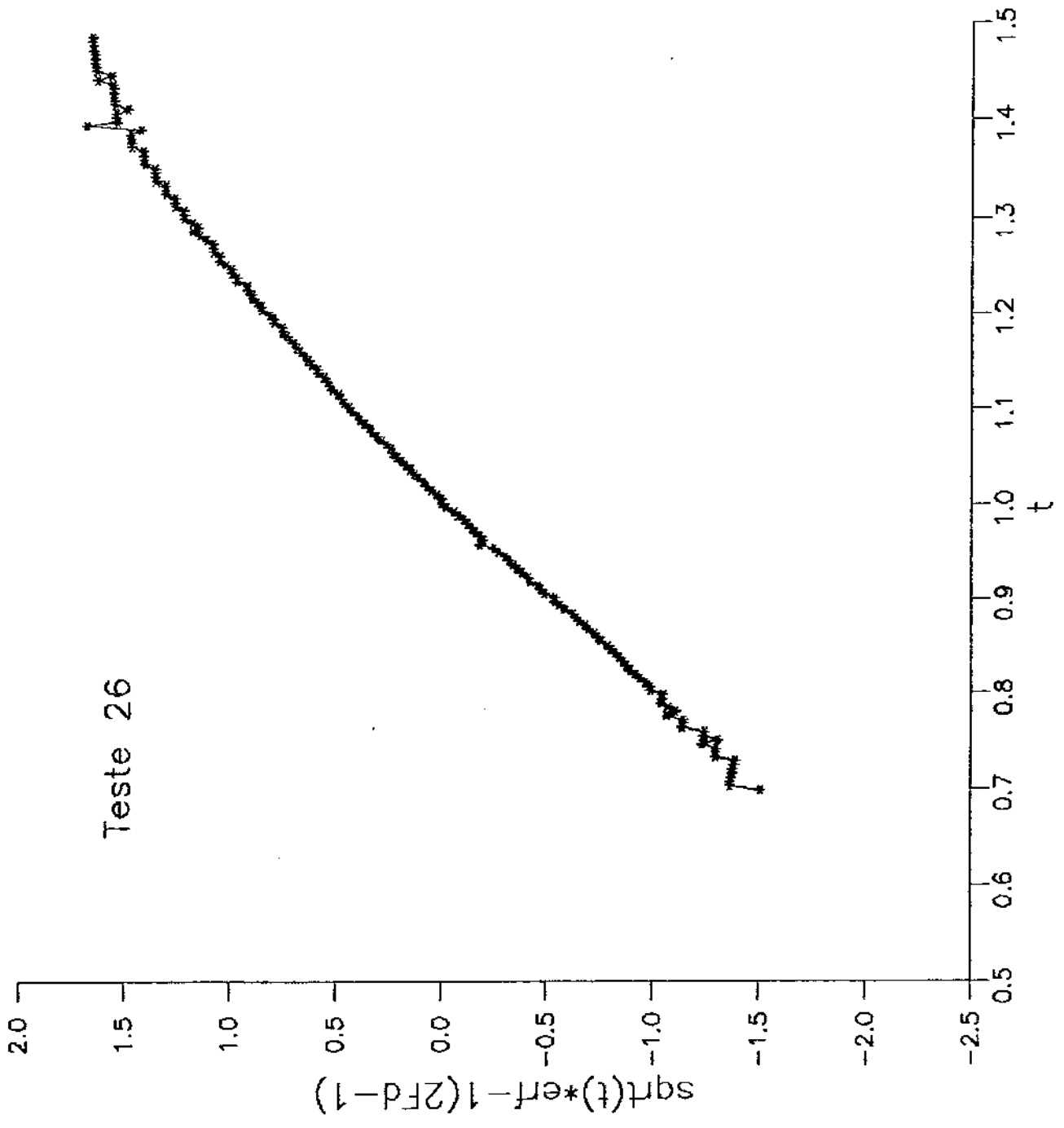


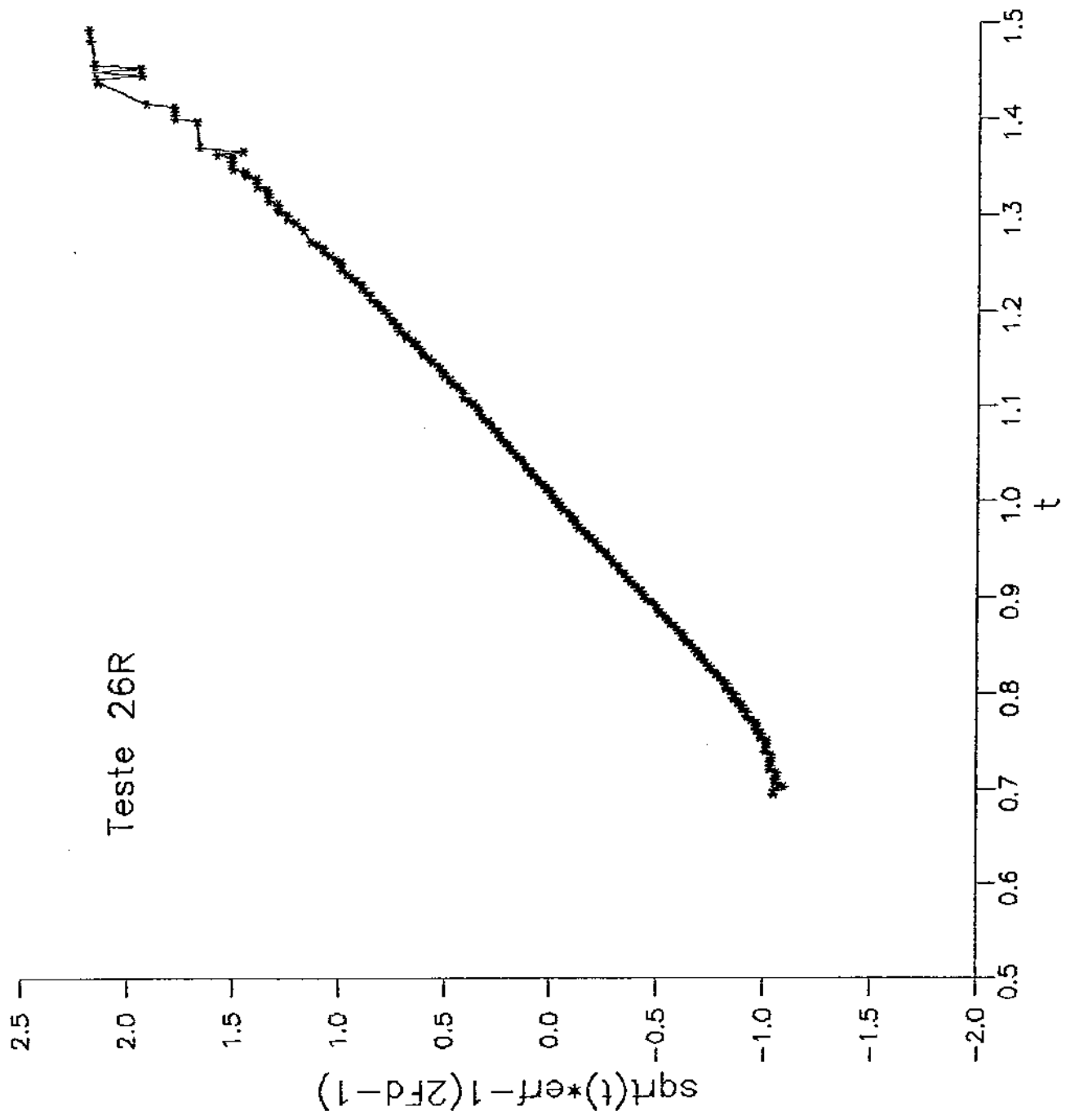


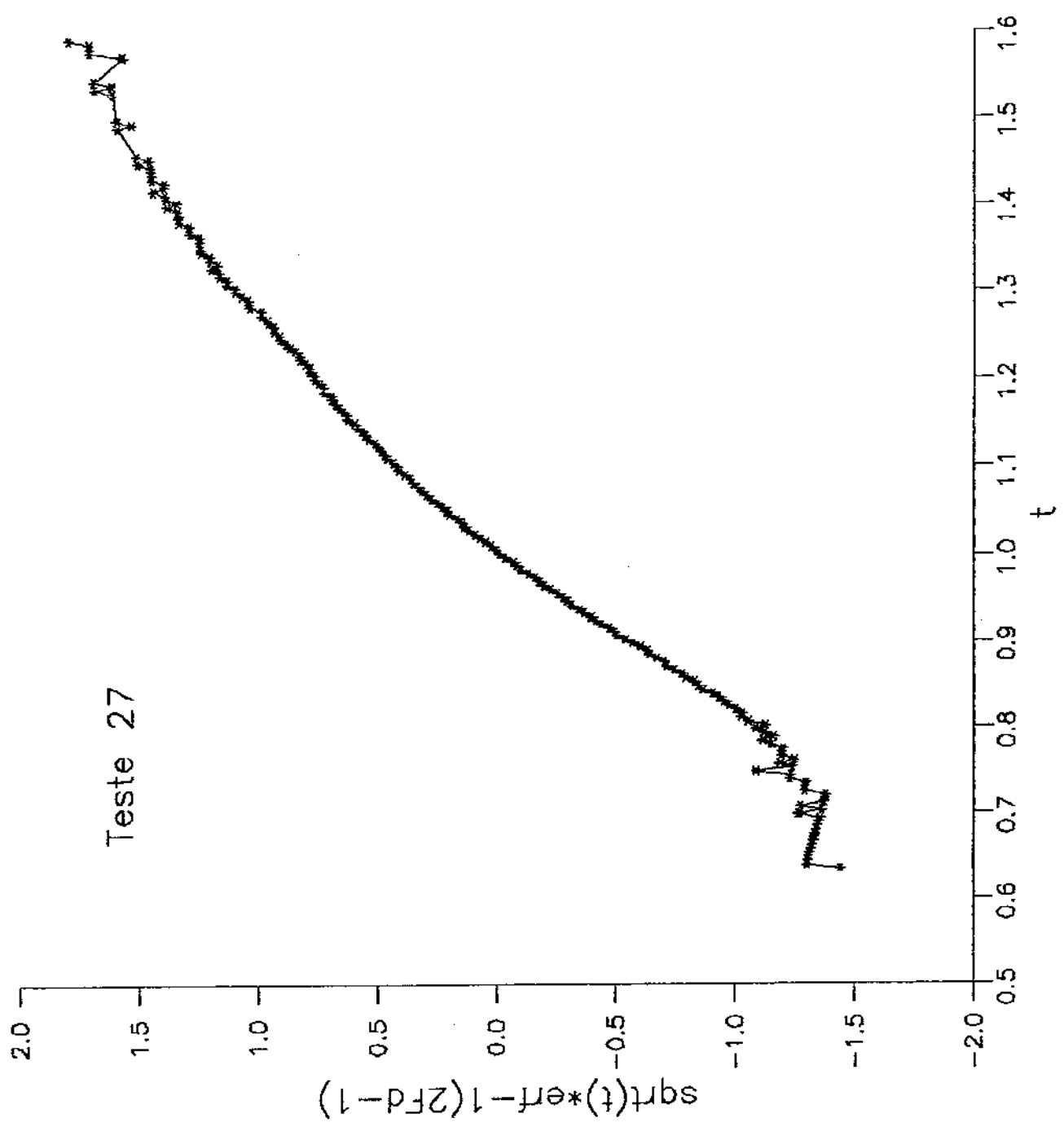
Teste 25



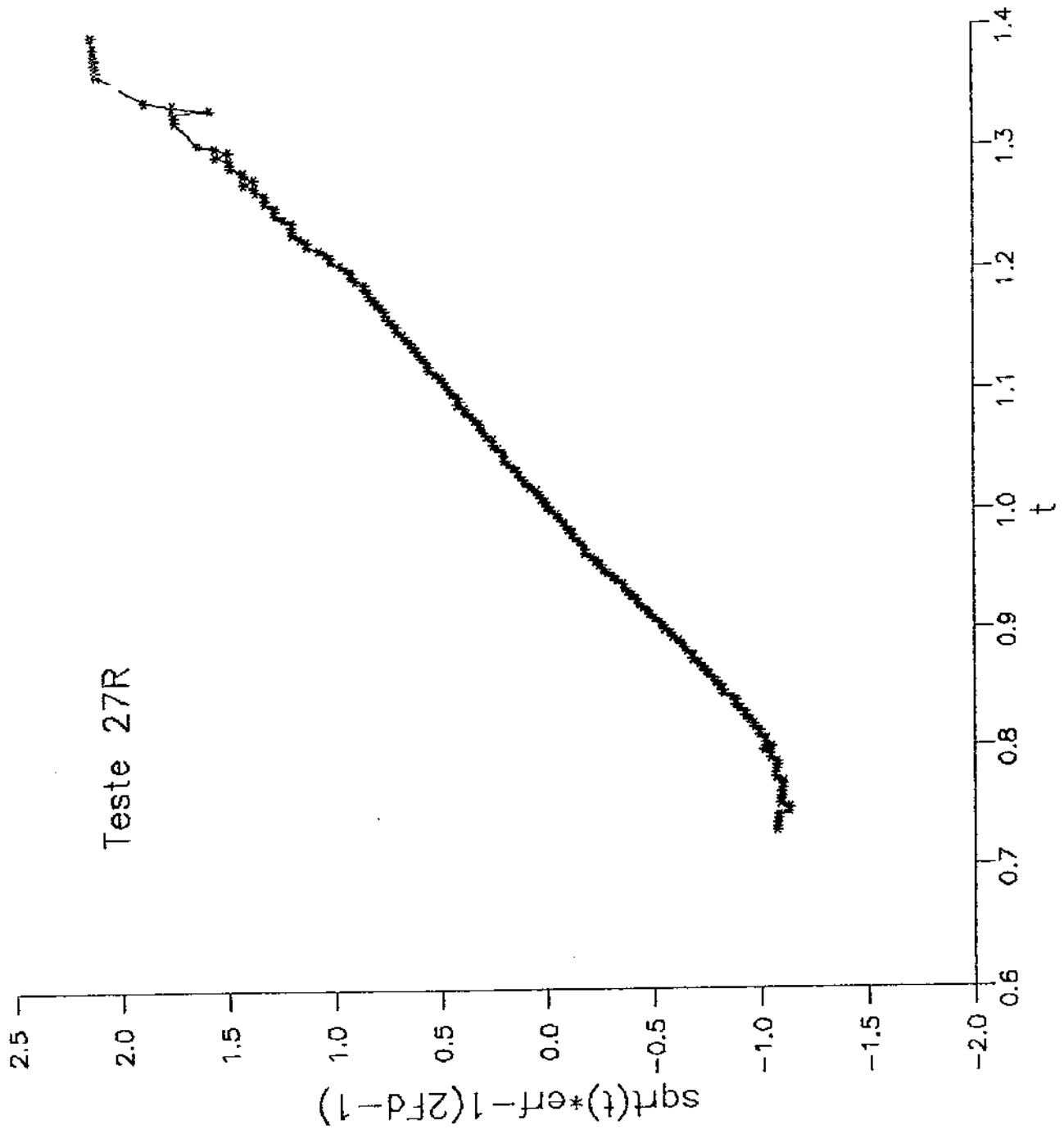
Teste 26

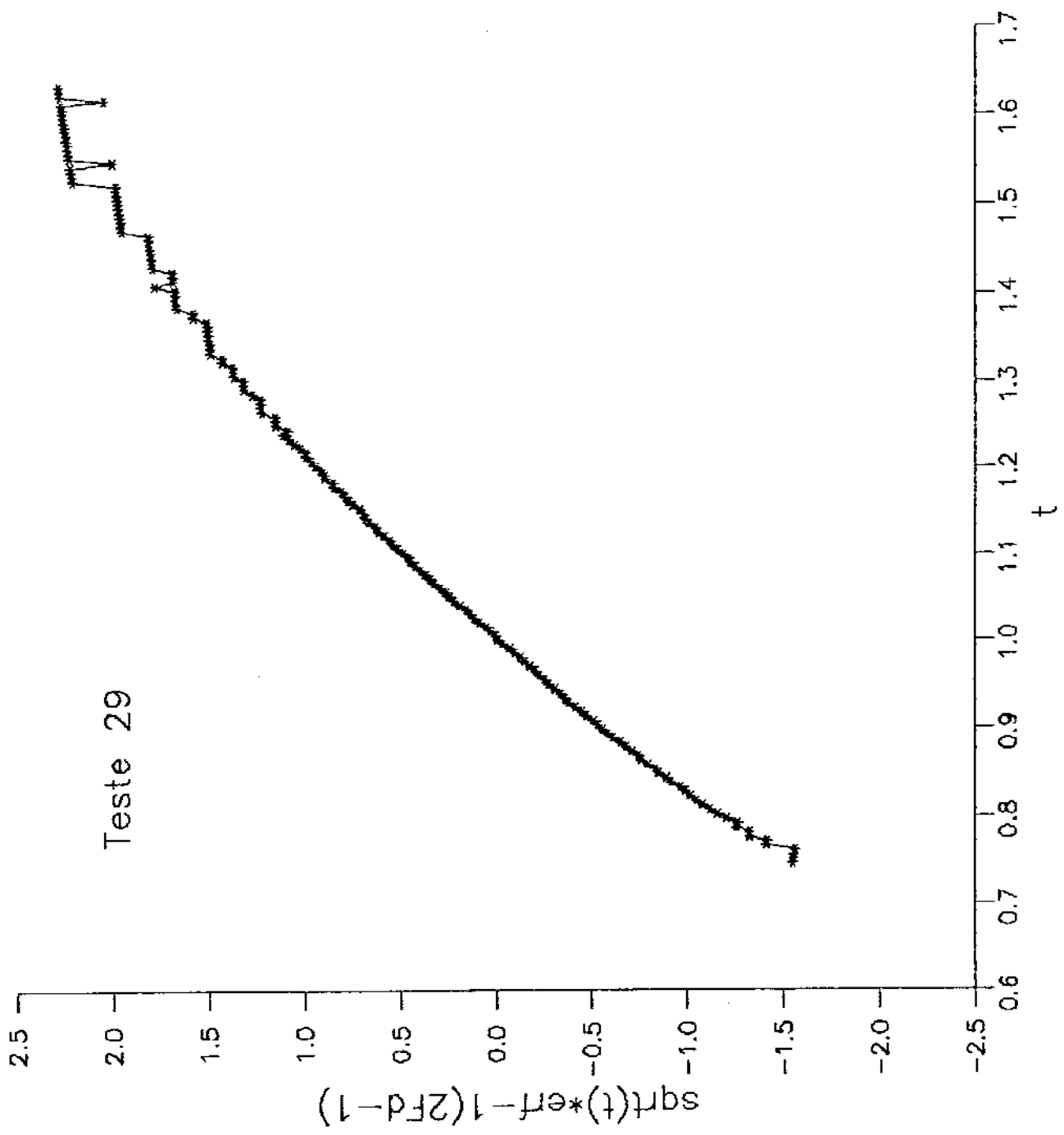




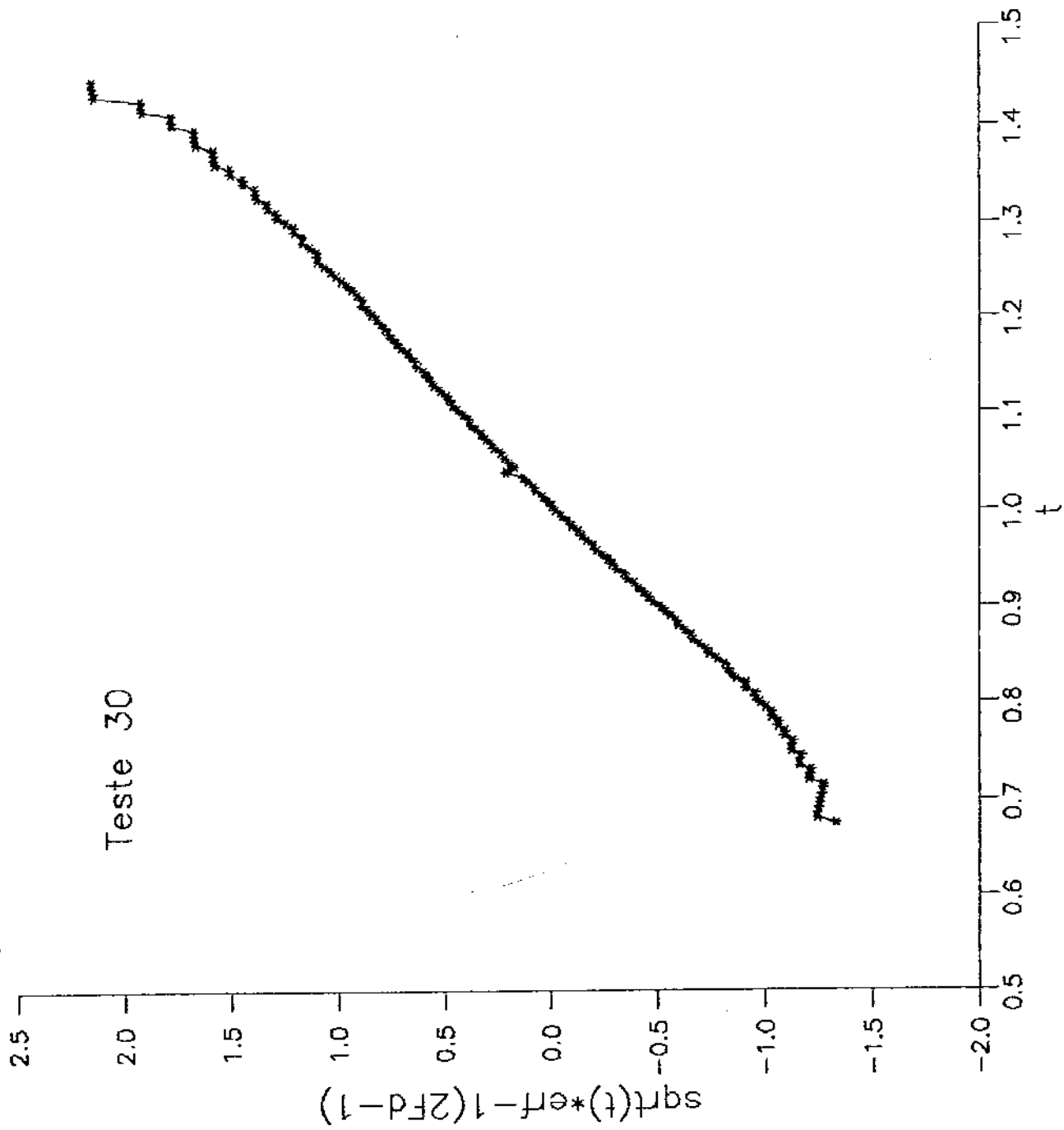


Teste 27R





Teste 30



APÊNDICE E

TESTE 1R

t	F _D
0.01307	0.19202
0.14415	0.16702
0.28072	0.02999
0.41621	0.11470
0.54992	0.08732
0.68851	0.16702
0.82211	0.19202
0.95331	0.16702
1.08988	0.79570
1.22560	0.92160
1.36217	0.97818
1.49705	0.98944
1.63172	0.99474
1.76304	0.99649
1.89866	0.99665
2.03510	0.99852
2.17072	0.99892
2.30621	0.99901
2.44100	0.99959
2.57339	0.99959
2.70911	0.99944

TESTE 2

t	F _D	t	F _D
0.01293	0.00113	0.74752	0.01130
0.02589	0.00113	0.76045	0.01509
0.03893	0.00098	0.77435	0.01934
0.05200	0.00090	0.78729	0.02645
0.06495	0.00083	0.80035	0.03480
0.07802	0.00076	0.81329	0.04567
0.09106	0.00069	0.82622	0.05784
0.10402	0.00069	0.83929	0.07315
0.11708	0.00063	0.85235	0.08940
0.13001	0.00057	0.86531	0.10919
0.14389	0.00051	0.87835	0.12894
0.15685	0.00051	0.89141	0.15223
0.16978	0.00045	0.90437	0.17968
0.18366	0.00045	0.91741	0.20513
0.19662	0.00039	0.93037	0.22654
0.21050	0.00034	0.94330	0.25859
0.22438	0.00034	0.95718	0.28555
0.23733	0.00028	0.97108	0.31530
0.25121	0.00028	0.98414	0.34814
0.26509	0.00023	0.99802	0.37191
0.27802	0.00023	1.01096	0.39729
0.29098	0.00018	1.02486	0.42439
0.30392	0.00018	1.03779	0.45334
0.31779	0.00018	1.05073	0.48426
0.33169	0.00018	1.06463	0.51729
0.34463	0.00013	1.07851	0.53463
0.35759	0.00013	1.09144	0.55255
0.37146	0.00013	1.10450	0.59022
0.38440	0.00009	1.11838	0.61000
0.39828	0.00009	1.13228	0.63045
0.41218	0.00009	1.14522	0.65158
0.42524	0.00009	1.15910	0.67341
0.43912	0.00004	1.17300	0.69598
0.45300	0.00004	1.18593	0.71930
0.46596	0.00004	1.19900	0.71930
0.47889	0.00000	1.21287	0.74340
0.49277	0.00000	1.22675	0.76830
0.50573	0.00000	1.23971	0.79404
0.51866	0.00000	1.25359	0.79404
0.53254	0.00000	1.26747	0.82064
0.54560	0.00000	1.28042	0.79404
0.55948	0.00000	1.29349	0.82064
0.57338	0.00000	1.30737	0.82064
0.58632	0.00004	1.32124	0.84813
0.60019	0.00018	1.33420	0.84813
0.61410	0.00034	1.34808	0.84813
0.62703	0.00063	1.36196	0.87654
0.63996	0.00105	1.37489	0.87654
0.65367	0.00157	1.38796	0.87654
0.66691	0.00219	1.40186	0.87654
0.68081	0.00310	1.41479	0.90590
0.69374	0.00406	1.42773	0.90590
0.70681	0.00522	1.44163	0.87654
0.72068	0.00691	1.45456	0.90590
0.73458	0.00871	1.46844	0.90590

TESTE 2 (cont.)

t	F _D
1.48150	0.90590
1.49538	0.93624
1.50834	0.93624
1.52127	0.93624
1.53528	0.93624
1.54822	0.93624
1.56212	0.93624
1.57505	0.93624
1.58893	0.93624
1.60199	0.93624
1.61493	0.93624
1.62788	0.93624
1.64095	0.93624
1.65399	0.93624
1.66705	0.93624
1.68001	0.93624
1.69307	0.93624
1.70612	0.93624
1.71918	0.96760
1.73214	0.96760
1.74501	0.96760
1.75989	0.96760
1.77285	0.96760
1.78578	0.96760
1.79966	0.96760
1.81262	0.96760
1.82555	0.96760
1.83943	0.96760
1.85333	0.96760
1.86627	0.96760
1.87920	0.96760
1.89310	0.96760
1.90698	0.96760
1.91992	0.96760
1.93379	0.96760
1.94675	1.00000
1.96063	0.96760
1.97369	0.96760
1.98757	0.96760
2.00053	0.96760
2.01346	0.96760
2.02734	1.00000
2.04030	0.96760
2.05323	1.00000
2.06630	0.96760
2.08018	0.96760

TESTE 2R

t	F _D	t	F _D
0.01293	0.00000	0.74910	0.03773
0.02589	0.00000	0.76200	0.03773
0.03883	0.00000	0.77493	0.10900
0.05200	0.00000	0.78881	0.10900
0.06495	0.00000	0.80271	0.10900
0.07789	0.00000	0.81565	0.17502
0.09095	0.00000	0.82882	0.20617
0.10402	0.00000	0.84177	0.23616
0.11695	0.00000	0.85471	0.29280
0.12988	0.00000	0.86777	0.31953
0.14284	0.00000	0.88071	0.37002
0.15672	0.00000	0.89366	0.41678
0.17060	0.00000	0.90660	0.48054
0.18356	0.00000	0.91966	0.50022
0.19649	0.00000	0.93260	0.55493
0.21037	0.00000	0.94553	0.58806
0.22427	0.00000	0.95849	0.61874
0.23720	0.03773	0.97237	0.67350
0.25014	0.00000	0.98625	0.69788
0.26309	0.00000	1.00015	0.70939
0.27697	0.00000	1.01403	0.74139
0.29098	0.00000	1.02696	0.76077
0.30392	0.00000	1.03992	0.78720
0.31779	0.00000	1.05379	0.81075
0.33075	0.03773	1.06767	0.82502
0.34463	0.00000	1.08063	0.83823
0.35756	0.00000	1.09356	0.85047
0.37146	0.00000	1.10650	0.86180
0.38534	0.00000	1.12040	0.87230
0.39935	0.00000	1.13333	0.88203
0.41229	0.00000	1.14721	0.89104
0.42524	0.00000	1.16111	0.89529
0.43912	0.00000	1.17418	0.90332
0.45206	0.00000	1.18808	0.91076
0.46596	0.00000	1.20193	0.91765
0.47889	0.00000	1.21487	0.92705
0.49277	0.00000	1.22783	0.93274
0.50573	0.00000	1.24170	0.93801
0.51866	0.00000	1.25464	0.94289
0.53254	0.00000	1.26760	0.94519
0.54642	0.00000	1.28147	0.94741
0.55937	0.00000	1.29454	0.94954
0.57231	0.03773	1.30842	0.95357
0.58619	0.00000	1.32232	0.95731
0.60009	0.03773	1.33620	0.95731
0.61302	0.00000	1.35007	0.96076
0.62690	0.03773	1.36303	0.96240
0.63986	0.00000	1.37691	0.96397
0.65374	0.00000	1.38984	0.96548
0.66667	0.00000	1.40280	0.96693
0.68057	0.03773	1.41574	0.96968
0.69445	0.03773	1.42961	0.97098
0.70833	0.00000	1.44257	0.97098
0.72129	0.03773	1.45561	0.97343
0.73422	0.03773	1.46951	0.97458

TESTE 2R (cont.)

t	F _D	t	F _D
1.48339	0.97570	2.10961	0.99583
1.49633	0.97677	2.12254	0.99583
1.50928	0.97780	2.13548	0.99615
1.52222	0.97879	2.14938	0.99615
1.53610	0.97975	2.16231	0.99645
1.55000	0.97975	2.17619	0.99645
1.56293	0.98155	2.18915	0.99674
1.57599	0.98155	2.20208	0.99702
1.58987	0.98240	2.21596	0.99702
1.60375	0.98322	2.22986	0.99702
1.61671	0.98401	2.24279	0.99729
1.62977	0.98401	2.25573	0.99755
1.64281	0.98477	2.26869	0.99755
1.65577	0.98550	2.28162	0.99780
1.66894	0.98620	2.29550	0.99780
1.68190	0.98620	2.30846	0.99780
1.69494	0.98688	2.32139	0.99804
1.70800	0.98688	2.33527	0.99804
1.72107	0.98753	2.34833	0.99827
1.73400	0.98815	2.36221	0.99827
1.74790	0.98876	2.37611	0.99827
1.76084	0.98876	2.38905	0.99849
1.77472	0.98934	2.40198	0.99849
1.78767	0.98934	2.41517	0.99871
1.80061	0.98990	2.42811	0.99871
1.81354	0.98990	2.44106	0.99871
1.82744	0.99043	2.45400	0.99892
1.84132	0.99043	2.46706	0.99892
1.85520	0.99095	2.48013	0.99892
1.86816	0.99095	2.49308	0.99892
1.88109	0.99145	2.50600	0.99911
1.89497	0.99193	2.51906	0.99911
1.90793	0.99239	2.53212	0.99930
1.92180	0.99239	2.54600	0.99911
1.93474	0.99283	2.55990	0.99930
1.94770	0.99326	2.57378	0.99949
1.96157	0.99326	2.58766	0.99949
1.97545	0.99367	2.60072	0.99949
1.98935	0.99407	2.61460	0.99949
2.00229	0.99407	2.62756	0.99967
2.01522	0.99445	2.64144	0.99967
2.02912	0.99481	2.65532	0.99967
2.04300	0.99481	2.66922	0.99967
2.05688	0.99517	2.68309	0.99984
2.07084	0.99517	2.69616	0.99984
2.08277	0.99551	2.71004	0.99984
2.09571	0.99551	2.72392	1.00000
2.10961	0.99583		

TESTE 3

t	F _D	t	F _D
0.01307	0.00149	0.75685	0.00490
0.02626	0.00134	0.76993	0.00682
0.03935	0.00134	0.78300	0.00924
0.05252	0.00119	0.79702	0.01229
0.06551	0.00105	0.81106	0.01612
0.07880	0.00078	0.82412	0.02095
0.09187	0.00066	0.83743	0.02702
0.10507	0.00042	0.85052	0.03466
0.11813	0.00042	0.86371	0.04610
0.13120	0.00054	0.87678	0.05866
0.14428	0.00066	0.88984	0.07448
0.15830	0.00078	0.90317	0.09074
0.17139	0.00091	0.91623	0.11043
0.18541	0.00091	0.92943	0.13427
0.19943	0.00105	0.94249	0.16315
0.21358	0.00105	0.95558	0.19058
0.22760	0.00105	0.96960	0.21410
0.24068	0.00105	0.98362	0.25983
0.25470	0.00105	0.99681	0.29178
0.26872	0.00105	1.01083	0.32761
0.28179	0.00091	1.02487	0.35390
0.29487	0.00078	1.03889	0.39730
0.30889	0.00078	1.05196	0.42913
0.32291	0.00078	1.06505	0.46350
0.33611	0.00054	1.07906	0.50060
0.34919	0.00054	1.09308	0.52025
0.36226	0.00054	1.10617	0.54066
0.37628	0.00042	1.11924	0.58390
0.38937	0.00042	1.13326	0.60680
0.40338	0.00031	1.14727	0.63059
0.41645	0.00031	1.16142	0.65531
0.42954	0.00020	1.17546	0.68100
0.44356	0.00020	1.18948	0.70769
0.45662	0.00020	1.20255	0.73542
0.47066	0.00010	1.21564	0.73542
0.48468	0.00010	1.22965	0.76423
0.49775	0.00010	1.24272	0.76423
0.51179	0.00010	1.25676	0.79417
0.52581	0.00000	1.27078	0.82527
0.53982	0.00010	1.28480	0.82527
0.55291	0.00010	1.29895	0.82527
0.56598	0.00000	1.31201	0.82527
0.57904	0.00000	1.32605	0.85759
0.59308	0.00000	1.33923	0.85759
0.60721	0.00000	1.35327	0.85759
0.62030	0.00000	1.36729	0.89118
0.63336	0.00000	1.38048	0.89118
0.64643	0.00010	1.39450	0.92607
0.66047	0.00020	1.40852	0.89118
0.67354	0.00031	1.42161	0.92607
0.68755	0.00054	1.43467	0.92607
0.70159	0.00105	1.44869	0.92607
0.71477	0.00149	1.46178	0.92607
0.72881	0.00215	1.47484	0.92607
0.74283	0.00337	1.48886	0.96233

TESTE 3 (cont.)

t	F _D
1.50195	0.96233
1.51597	0.96233
1.52999	0.96233
1.54308	0.96233
1.55709	0.96233
1.57111	0.96233
1.58420	0.96233
1.59727	0.96233
1.61128	0.96233
1.62437	1.00000
1.63744	0.96233
1.65050	0.96233
1.66370	1.00000
1.67689	1.00000
1.69009	1.00000
1.70315	1.00000
1.71635	1.00000
1.72944	1.00000
1.74261	1.00000
1.75570	1.00000
1.76876	1.00000
1.78183	1.00000
1.79587	1.00000
1.80894	1.00000
1.82295	1.00000

TESTE 4

t	F _D	t	F _D
0.02415	0.00000	1.17039	0.65619
0.04855	0.00000	1.19454	0.68181
0.07270	0.00000	1.22050	0.70843
0.09689	0.00000	1.24465	0.73609
0.12104	0.00264	1.27057	0.79469
0.14544	0.00547	1.29652	0.79469
0.16959	0.00637	1.32088	0.82572
0.19378	0.00688	1.34683	0.82572
0.21794	0.00743	1.37275	0.85796
0.24233	0.00772	1.39690	0.85796
0.26648	0.00772	1.42109	0.89145
0.29244	0.00743	1.44701	0.89145
0.31659	0.00715	1.47116	0.92626
0.34251	0.00688	1.49555	0.92626
0.36670	0.00662	1.51975	0.89145
0.39085	0.00613	1.54390	0.92626
0.41677	0.00590	1.56829	0.92626
0.44096	0.00568	1.59269	0.92626
0.46511	0.00547	1.61684	0.92626
0.48927	0.00547	1.64123	0.96242
0.51522	0.00526	1.66563	0.92626
0.53957	0.00506	1.68978	0.96242
0.56553	0.00506	1.71417	0.96242
0.58958	0.00487	1.73832	0.96242
0.61383	0.00506	1.76424	0.96242
0.63979	0.00506	1.79019	0.96242
0.66418	0.00506	1.81611	0.96242
0.69010	0.00568	1.84203	0.96242
0.71601	0.00688	1.86818	1.00000
0.74193	0.00935	1.89237	1.00000
0.76788	0.01371	1.91829	1.00000
0.79204	0.02089	1.94268	0.96242
0.81795	0.03064	1.96860	1.00000
0.84391	0.04494	1.99451	1.00000
0.86806	0.06592	2.01891	0.96242
0.89221	0.09666	2.04482	1.00000
0.91817	0.13134	2.07078	1.00000
0.94408	0.17173	2.09493	1.00000
0.96824	0.22453	2.11908	1.00000
0.99243	0.27193	2.14504	1.00000
1.01658	0.32932	2.16919	1.00000
1.04250	0.38384	2.19334	1.00000
1.06845	0.44739	2.21930	1.00000
1.09437	0.50187	2.24369	1.00000
1.12028	0.54182	2.26961	1.00000
1.14624	0.58496		

TESTE 5

t	F _D	t	F _D
0.01432	0.00156	0.79389	0.00156
0.02779	0.00317	0.80733	0.00156
0.04221	0.00156	0.82165	0.00156
0.05664	0.00156	0.83596	0.00156
0.07011	0.00317	0.84941	0.00156
0.08356	0.00317	0.86288	0.00156
0.09798	0.00156	0.87633	0.00156
0.11156	0.00317	0.89075	0.00156
0.12599	0.00317	0.90520	0.00156
0.13946	0.00156	0.91865	0.00156
0.15389	0.00156	0.93308	0.00156
0.16821	0.00317	0.94753	0.00156
0.18263	0.00156	0.96098	0.00156
0.19695	0.00156	0.97442	0.00156
0.21127	0.00156	0.98874	0.00156
0.22569	0.00156	1.00317	0.00156
0.24001	0.00156	1.01748	0.00000
0.25433	0.00156	1.03191	0.00156
0.26875	0.00317	1.04636	0.00000
0.28220	0.00156	1.06068	0.00156
0.29665	0.00156	1.07510	0.00156
0.31108	0.00156	1.08953	0.00000
0.32539	0.00156	1.10396	0.00156
0.33969	0.00156	1.11828	0.00156
0.35316	0.00156	1.13273	0.00156
0.36747	0.00156	1.14617	0.00156
0.38177	0.00156	1.16049	0.00156
0.39622	0.00156	1.17478	0.00156
0.41078	0.00156	1.18923	0.00156
0.42507	0.00156	1.20268	0.00156
0.43939	0.00156	1.21700	0.00317
0.45284	0.00000	1.23131	0.00317
0.46715	0.00156	1.24476	0.00485
0.48160	0.00000	1.25908	0.00659
0.49590	0.00000	1.27339	0.00839
0.50937	0.00156	1.28782	0.01026
0.52368	0.00000	1.30225	0.01444
0.53798	0.00000	1.31656	0.01664
0.55145	0.00000	1.33088	0.02133
0.56576	0.00000	1.34520	0.02638
0.58006	0.00000	1.35951	0.03473
0.59451	0.00000	1.37394	0.04086
0.60893	0.00000	1.38826	0.04748
0.62325	0.00000	1.40268	0.05842
0.63768	0.00000	1.41700	0.07028
0.65112	0.00156	1.43132	0.08331
0.66544	0.00000	1.44561	0.09283
0.67976	0.00156	1.46006	0.10848
0.69418	0.00156	1.47449	0.11991
0.70863	0.00156	1.48881	0.13671
0.72293	0.00000	1.50312	0.15969
0.73738	0.00156	1.51755	0.17502
0.75083	0.00156	1.53187	0.19151
0.76514	0.00156	1.54616	0.21863
0.77946	0.00156	1.56061	0.23948

TESTE 5 (cont.)

t	F _D	t	F _D
1.57517	0.25053	2.34372	0.88231
1.58947	0.27393	2.35804	0.86042
1.60378	0.29921	2.37234	0.88231
1.61821	0.31260	2.38679	0.88231
1.63253	0.32651	2.40121	0.88231
1.64684	0.35600	2.41553	0.88231
1.66127	0.37162	2.42985	0.90474
1.67474	0.38785	2.44414	0.90474
1.68903	0.42225	2.45859	0.90474
1.70250	0.42225	2.47288	0.90474
1.71595	0.44047	2.48733	0.92770
1.73040	0.45941	2.50078	0.92770
1.74483	0.45941	2.51510	0.90474
1.75827	0.47909	2.52952	0.92770
1.77185	0.49865	2.54395	0.92770
1.78628	0.49865	2.55742	0.92770
1.80073	0.51894	2.57087	0.95123
1.81418	0.54000	2.58530	0.95123
1.82762	0.54000	2.59876	0.95123
1.84194	0.56184	2.61319	0.95123
1.85626	0.56184	2.62666	0.95123
1.87057	0.58451	2.64109	0.95123
1.88489	0.58451	2.65454	0.95123
1.89932	0.58451	2.66800	0.95123
1.91363	0.60803	2.68243	0.95123
1.92806	0.60803	2.69588	0.95123
1.94238	0.63243	2.71020	0.95123
1.95669	0.65774	2.72451	0.95123
1.97099	0.63243	2.73894	0.97532
1.98530	0.68401	2.75326	0.95123
1.99973	0.68401	2.76757	0.97532
2.01405	0.68401	2.78200	0.97532
2.02850	0.71127	2.79643	0.97532
2.04279	0.71127	2.81074	0.97532
2.05711	0.73954	2.82506	0.97532
2.07143	0.73954	2.83949	0.97532
2.08585	0.75850	2.85380	0.97532
2.10030	0.75850	2.86812	0.97532
2.11460	0.75850	2.88244	0.97532
2.12905	0.75850	2.89686	0.97532
2.14334	0.77792	2.91118	0.97532
2.15766	0.77792	2.92561	1.00000
2.17211	0.79781	2.93993	1.00000
2.18654	0.81818	2.95435	0.97532
2.19998	0.81818	2.96891	0.97532
2.21430	0.79781	2.98323	0.97532
2.22861	0.81818	2.99752	1.00000
2.24304	0.83905	3.01184	0.97532
2.25736	0.83905	3.02616	1.00000
2.27168	0.83905	3.04059	1.00000
2.28610	0.86042	3.05490	1.00000
2.30053	0.86042	3.06837	1.00000
2.31485	0.86042	3.08266	1.00000
2.32927	0.86042	3.09698	1.00000
2.34372	0.88231	3.11130	1.00000

TESTE 6

t	F _D	t	F _D
0.01393	0.00012	0.77487	0.03404
0.02789	0.00012	0.78870	0.05081
0.04182	0.00012	0.80252	0.06917
0.05575	0.00012	0.81632	0.09201
0.06968	0.00012	0.83028	0.11802
0.08374	0.00000	0.84326	0.15207
0.09675	0.00000	0.85719	0.19184
0.11068	0.00000	0.87020	0.23580
0.12366	0.00000	0.88413	0.29324
0.13762	0.00000	0.89806	0.33819
0.15155	0.00000	0.91107	0.37636
0.16537	0.00000	0.92500	0.39702
0.17931	0.00000	0.93798	0.42634
0.19313	0.00012	0.95194	0.46605
0.20696	0.00012	0.96587	0.49163
0.22089	0.00012	0.97969	0.51860
0.23471	0.00012	0.99350	0.53740
0.24864	0.00025	1.00732	0.59967
0.26247	0.00025	1.02115	0.62199
0.27640	0.00039	1.03508	0.66914
0.29022	0.00039	1.04903	0.69403
0.30405	0.00046	1.06296	0.71986
0.31798	0.00053	1.07679	0.77441
0.33191	0.00053	1.09061	0.80322
0.34587	0.00061	1.10454	0.80322
0.35967	0.00061	1.11837	0.83310
0.37349	0.00069	1.13230	0.86409
0.38742	0.00077	1.14612	0.86409
0.40125	0.00086	1.16006	0.89623
0.41520	0.00086	1.17388	0.89623
0.42901	0.00095	1.18770	0.92957
0.44296	0.00095	1.20164	0.92957
0.45676	0.00095	1.21557	0.92957
0.47059	0.00105	1.22952	0.96414
0.48454	0.00105	1.24345	0.96414
0.49834	0.00095	1.25728	0.96414
0.51230	0.00095	1.27121	0.96414
0.52610	0.00095	1.28503	0.96414
0.53992	0.00086	1.29897	0.96414
0.55375	0.00077	1.31279	1.00000
0.56757	0.00069	1.32672	1.00000
0.58140	0.00061	1.34055	1.00000
0.59520	0.00061	1.35437	1.00000
0.60902	0.00069	1.36830	1.00000
0.62285	0.00086	1.38213	1.00000
0.63667	0.00105	1.39595	1.00000
0.65050	0.00125	1.40978	1.00000
0.66432	0.00182	1.42371	1.00000
0.67812	0.00253	1.43753	1.00000
0.69195	0.00396	1.45134	1.00000
0.70577	0.00644	1.46529	1.00000
0.71960	0.00960	1.47911	1.00000
0.73342	0.01453	1.49304	1.00000
0.74722	0.02117	1.50687	1.00000
0.76105	0.02799	1.52067	1.00000

TESTE 6 (cont.)

t	F _D
1.53463	1.00000
1.54845	1.00000
1.56238	1.00000
1.57621	1.00000
1.59001	1.00000
1.60383	1.00000
1.61766	1.00000
1.63148	1.00000

TESTE 6R

t	F _D	t	F _D
0.01395	0.10377	0.77440	0.03586
0.02789	0.03586	0.78822	0.03586
0.04182	0.03586	0.80215	0.07044
0.05482	0.03586	0.81598	0.10377
0.06876	0.03586	0.82993	0.13592
0.08174	0.03586	0.84292	0.16691
0.09569	0.03586	0.85685	0.22560
0.10963	0.03586	0.86985	0.25338
0.12356	0.03586	0.88379	0.28017
0.13749	0.03586	0.89677	0.33089
0.15131	0.03586	0.91072	0.40036
0.16514	0.03586	0.92466	0.46263
0.17896	0.03586	0.93764	0.49106
0.19279	0.03586	0.95157	0.51754
0.20659	0.03586	0.96553	0.54265
0.22041	0.03586	0.97935	0.57410
0.23424	0.03586	0.99315	0.60340
0.24817	0.00000	1.00711	0.63721
0.26199	0.00000	1.02093	0.66815
0.27593	0.00000	1.03486	0.70182
0.28975	0.00000	1.04869	0.73208
0.30357	0.03586	1.06262	0.77274
0.31740	0.00000	1.07644	0.81029
0.33122	0.00000	1.09027	0.84570
0.34515	0.00000	1.10420	0.87575
0.35898	0.00000	1.11802	0.89222
0.37280	0.00000	1.13196	0.90980
0.38661	0.00000	1.14578	0.92587
0.40043	0.00000	1.15971	0.93802
0.41426	0.00000	1.17354	0.95013
0.42808	0.00000	1.18736	0.95999
0.44201	0.00000	1.20116	0.96789
0.45584	0.00000	1.21499	0.97157
0.46966	0.00000	1.22881	0.97460
0.48348	0.00000	1.24264	0.97826
0.49729	0.00000	1.25646	0.98131
0.51111	0.00000	1.27039	0.98438
0.52494	0.00000	1.28422	0.98700
0.53876	0.00000	1.29815	0.98899
0.55258	0.00000	1.31197	0.99086
0.56639	0.00000	1.32590	0.99227
0.58034	0.00000	1.33973	0.99335
0.59414	0.00000	1.35355	0.99417
0.60810	0.00000	1.36748	0.99508
0.62192	0.00000	1.38131	0.99602
0.63572	0.00000	1.39524	0.99656
0.64968	0.00000	1.40907	0.99704
0.66348	0.00000	1.42289	0.99747
0.67743	0.00000	1.43671	0.99777
0.69137	0.00000	1.45052	0.99795
0.70530	0.00000	1.46434	0.99820
0.71912	0.00000	1.47817	0.99836
0.73295	0.00000	1.49199	0.99844
0.74677	0.00000	1.50581	0.99868
0.76059	0.03586	1.51962	0.99879

TESTE 6R (cont.)

t	F _D
1.53357	0.99900
1.54737	0.99910
1.56133	0.99920
1.57526	0.99928
1.58919	0.99937
1.60301	0.99945
1.61684	0.99945
1.62982	0.99953
1.64365	0.99960
1.65665	0.99960
1.67059	0.99967
1.68357	0.99967
1.69750	0.99973
1.71146	0.99973
1.72539	0.99987
1.73932	0.99987
1.75233	0.99987
1.76626	0.99987
1.77924	0.99987
1.79307	1.00000

TESTE 8

t	F _D	t	F _D
0.02786	0.00108	0.91400	0.04459
0.05577	0.00087	0.94165	0.07604
0.08363	0.00087	0.96955	0.12042
0.11150	0.00069	0.99716	0.18057
0.13936	0.00069	1.02506	0.24952
0.16727	0.00052	1.05267	0.32310
0.19513	0.00052	1.08032	0.39215
0.22300	0.00037	1.10797	0.46080
0.24901	0.00037	1.13562	0.51761
0.27687	0.00037	1.16158	0.57597
0.30474	0.00037	1.18923	0.66413
0.33239	0.00037	1.21710	0.72594
0.36025	0.00037	1.24475	0.79349
0.38790	0.00037	1.27261	0.82224
0.41555	0.00052	1.30026	0.85203
0.44341	0.00052	1.32791	0.88290
0.47106	0.00052	1.35577	0.91488
0.49845	0.00052	1.38342	0.93131
0.52610	0.00052	1.41128	0.94803
0.55396	0.00037	1.43893	0.94803
0.58161	0.00037	1.46684	0.96504
0.60926	0.00023	1.49444	0.96504
0.63712	0.00011	1.52209	0.98237
0.66477	0.00011	1.54974	0.98237
0.69264	0.00000	1.57739	0.98237
0.72028	0.00000	1.60525	0.98237
0.74793	0.00011	1.63290	0.98237
0.77558	0.00023	1.66077	1.00000
0.80323	0.00087	1.68863	1.00000
0.83088	0.00333	1.71654	1.00000
0.85848	0.01135	1.74276	1.00000
0.88639	0.02112	0.00000	0.00000

TESTE OR

t	F _D	t	F _D
0.02557	0.00000	1.10211	0.22559
0.05118	0.00000	1.12773	0.33088
0.07696	0.00000	1.15330	0.40035
0.10257	0.00000	1.17911	0.48190
0.12834	0.00000	1.20468	0.55112
0.15396	0.00000	1.23025	0.60375
0.17977	0.00000	1.25607	0.66843
0.20555	0.00000	1.28168	0.72749
0.23116	0.00000	1.30725	0.80237
0.25697	0.00000	1.33282	0.86585
0.28255	0.00000	1.35843	0.90826
0.30812	0.00000	1.38401	0.93694
0.33373	0.00000	1.40958	0.95903
0.35930	0.00000	1.43539	0.97046
0.38487	0.00000	1.46096	0.97551
0.41048	0.00000	1.48657	0.98069
0.43626	0.00000	1.51239	0.98518
0.46187	0.00000	1.53796	0.98848
0.48744	0.00000	1.56378	0.99172
0.51301	0.00000	1.58959	0.99359
0.53862	0.00000	1.61537	0.99509
0.56419	0.00000	1.64118	0.99630
0.58976	0.00000	1.66700	0.99715
0.61537	0.00000	1.69282	0.99766
0.64115	0.00000	1.71863	0.99811
0.66676	0.00000	1.74441	0.99834
0.69233	0.00000	1.77022	0.99861
0.71790	0.00000	1.79584	0.99884
0.74351	0.00000	1.82141	0.99904
0.76933	0.00000	1.84698	0.99913
0.79465	0.00000	1.87259	0.99931
0.82026	0.00000	1.89816	0.99939
0.84584	0.00000	1.92373	0.99947
0.87141	0.00000	1.94955	0.99954
0.89702	0.00000	1.97512	0.99961
0.92263	0.00000	2.00073	0.99961
0.94840	0.00000	2.02630	0.99968
0.97397	0.00000	2.05187	0.99968
0.99959	0.00000	2.07748	0.99974
1.02536	0.07043	2.10305	0.99988
1.05097	0.10377	2.12862	0.99988
1.07654	0.16690	2.15423	0.99988

TESTE 15

t	F _D	t	F _D
0.56997	0.00000	0.91456	0.22020
0.68249	0.00259	0.91807	0.23345
0.72820	0.00522	0.92159	0.24025
0.73172	0.00790	0.92511	0.25424
0.73523	0.00790	0.92862	0.26142
0.73875	0.00790	0.93214	0.27617
0.74226	0.01063	0.93565	0.28375
0.74578	0.00790	0.93917	0.29932
0.74930	0.01063	0.94269	0.30732
0.75281	0.01063	0.94620	0.32374
0.75633	0.01063	0.94972	0.33218
0.75984	0.01341	0.95323	0.34077
0.76336	0.01341	0.95675	0.35842
0.76688	0.01624	0.96027	0.36748
0.77039	0.01624	0.96378	0.38610
0.77391	0.01913	0.96730	0.39567
0.77743	0.01913	0.97082	0.40540
0.78094	0.02206	0.97433	0.42541
0.78446	0.02206	0.97785	0.43568
0.78798	0.02505	0.98136	0.44614
0.79149	0.02809	0.98488	0.46763
0.79501	0.02809	0.98840	0.46763
0.79852	0.03118	0.99191	0.48991
0.80204	0.03433	0.99543	0.48991
0.80556	0.03433	0.99895	0.51299
0.80907	0.04081	1.00246	0.52485
0.81259	0.04081	1.00598	0.53692
0.81610	0.04413	1.00949	0.54921
0.81962	0.04752	1.01301	0.56172
0.82314	0.05096	1.01653	0.57446
0.82665	0.05447	1.02004	0.58742
0.83017	0.05804	1.02356	0.58742
0.83368	0.06538	1.02707	0.61407
0.83720	0.06538	1.03059	0.61407
0.84072	0.07299	1.03411	0.62775
0.84423	0.07690	1.03762	0.65586
0.84775	0.08087	1.04114	0.65586
0.85127	0.08492	1.04465	0.67030
0.85478	0.09324	1.04817	0.68500
0.85830	0.09751	1.05169	0.68500
0.86181	0.10186	1.05520	0.69996
0.86533	0.11080	1.05872	0.71520
0.86885	0.11539	1.06224	0.71520
0.87236	0.12482	1.06575	0.73071
0.87588	0.12968	1.06927	0.73071
0.87939	0.13961	1.07279	0.74650
0.88291	0.14472	1.07630	0.76257
0.88643	0.14992	1.07982	0.76257
0.88994	0.16061	1.08333	0.76257
0.89346	0.16610	1.08685	0.77894
0.89698	0.17738	1.09037	0.77894
0.90049	0.18317	1.09388	0.79560
0.90401	0.19508	1.09740	0.81257
0.90752	0.20741	1.10091	0.79560
0.91104	0.21375	1.10443	0.81257

TESTE 15 (cont.)

t	F _D	t	F _D
1.10795	0.82983	1.24859	0.95978
1.11146	0.81257	1.25211	0.95978
1.11498	0.82983	1.25563	0.95978
1.11650	0.82983	1.25914	0.95978
1.12201	0.84742	1.26266	0.94020
1.12553	0.84742	1.26617	0.95978
1.12904	0.84742	1.26969	0.95978
1.13256	0.84742	1.27321	0.95978
1.13608	0.86532	1.27672	0.95978
1.13959	0.86532	1.28024	0.95978
1.14311	0.88354	1.28376	0.95978
1.14662	0.88354	1.28727	0.95978
1.15014	0.88354	1.29079	0.95978
1.15366	0.88354	1.29430	0.95978
1.15717	0.90209	1.29782	0.95978
1.16069	0.90209	1.30134	0.95978
1.16420	0.88354	1.30485	0.97971
1.16772	0.90209	1.30837	0.95978
1.17124	0.90209	1.31188	0.97971
1.17475	0.92098	1.31540	0.97971
1.17827	0.92098	1.31892	0.95978
1.18179	0.90209	1.32243	0.97971
1.18530	0.90209	1.32595	0.97971
1.18882	0.92098	1.32947	0.95978
1.19233	0.92098	1.33298	0.97971
1.19585	0.92098	1.33650	0.95978
1.19937	0.92098	1.34001	0.97971
1.20288	0.92098	1.34353	0.95978
1.20640	0.94020	1.34705	0.95978
1.20992	0.94020	1.35056	0.97971
1.21343	0.92098	1.35408	0.95978
1.21695	0.94020	1.35759	0.97971
1.22046	0.94020	1.42089	0.97971
1.22398	0.94020	1.42440	1.00000
1.22750	0.94020	1.42792	0.97971
1.23101	0.94020	1.43144	0.97971
1.23453	0.95978	1.43495	0.97971
1.23805	0.95978	1.43847	1.00000
1.24156	0.94020	1.44198	0.97971
1.24508	0.95978	0.00000	0.00000
1.24859	0.95978	2.71020	0.95123

TESTE 15R

t	F _D
0.00040	0.07923
0.04048	0.07923
0.08056	0.07923
0.12064	0.07923
0.16072	0.07923
0.20080	0.07923
0.24088	0.07923
0.28096	0.07923
0.32104	0.07923
0.36112	0.07923
0.40120	0.05995
0.44128	0.05995
0.48136	0.07923
0.52144	0.05995
0.56152	0.05995
0.60160	0.05995
0.64168	0.05995
0.68176	0.05995
0.72184	0.05995
0.76192	0.05995
0.80200	0.05995
0.84208	0.07923
0.88216	0.11676
0.92224	0.20493
0.96232	0.35925
1.00240	0.53375
1.04248	0.67801
1.08257	0.79464
1.12265	0.86765
1.16273	0.91745
1.20281	0.94798
1.24289	0.96496
1.28297	0.98048
1.32305	0.98914
1.36313	0.99467
1.40321	0.99736
1.44329	0.11676
1.48337	0.11676
1.52345	0.11676
1.56353	0.09816
1.60361	0.09816

TESTE 16

t	F _D
0.00034	0.00264
0.03470	0.00264
0.06905	0.00264
0.10340	0.00264
0.13775	0.00533
0.17211	0.00264
0.20646	0.00533
0.24081	0.00533
0.27516	0.00533
0.30952	0.00533
0.34387	0.00533
0.37822	0.00533
0.41257	0.00533
0.44693	0.00264
0.48128	0.00264
0.51563	0.00533
0.54998	0.00264
0.58434	0.00533
0.61869	0.00264
0.65304	0.00264
0.68739	0.00533
0.72175	0.00533
0.75610	0.01086
0.79045	0.02556
0.82480	0.05202
0.85915	0.09517
0.89351	0.16394
0.92786	0.25950
0.96221	0.37509
0.99656	0.50005
1.03092	0.64075
1.06527	0.74584
1.09962	0.84702
1.13397	0.90184
1.16833	0.94005
1.20268	0.01369
1.23703	0.95968
1.27138	0.95968
1.30574	0.95968
1.34009	0.97966
1.37444	0.97966

TESTE 16R

t	F _D
0.00040	0.02009
0.04035	0.03982
0.08030	0.02009
0.12026	0.02009
0.16021	0.03982
0.20016	0.02009
0.24011	0.00000
0.28006	0.02009
0.32002	0.02009
0.35997	0.02009
0.39992	0.02009
0.43987	0.00000
0.47982	0.00000
0.51979	0.00000
0.55973	0.00000
0.59968	0.00000
0.63963	0.00000
0.67958	0.02009
0.71954	0.02009
0.75949	0.00000
0.79944	0.00000
0.83939	0.02009
0.87934	0.05921
0.91930	0.16850
0.95925	0.34077
0.99920	0.51622
1.03915	0.68590
1.07911	0.80882
1.11906	0.87594
1.15901	0.92546
1.19896	0.95620
1.23891	0.97411
1.27887	0.98503
1.31882	0.99271
1.35877	0.99761
1.39872	0.99967
1.43867	0.07825
1.47863	0.07825
1.51858	0.07825
1.55853	0.05921
1.59848	0.05921

TESTE 17

t	F _D	t	F _D
0.51132	0.00224	0.83053	0.05036
0.51712	0.00224	0.83633	0.05672
0.52293	0.00453	0.84214	0.06332
0.52873	0.00224	0.84794	0.07016
0.53453	0.00453	0.85374	0.07725
0.54034	0.00224	0.85955	0.08460
0.54614	0.00224	0.86535	0.09221
0.55194	0.00453	0.87115	0.10416
0.55775	0.00453	0.87696	0.11676
0.56355	0.00224	0.88276	0.12555
0.56936	0.00224	0.88857	0.13934
0.57516	0.00453	0.89437	0.15389
0.58096	0.00224	0.90017	0.16403
0.58677	0.00224	0.90598	0.17994
0.59257	0.00453	0.91178	0.19673
0.59837	0.00453	0.91759	0.20843
0.60418	0.00224	0.92339	0.22679
0.60998	0.00224	0.92919	0.24617
0.61579	0.00224	0.93500	0.25967
0.62159	0.00453	0.94080	0.28818
0.62739	0.00224	0.94661	0.30322
0.63320	0.00453	0.95241	0.32681
0.63900	0.00224	0.95821	0.35171
0.64481	0.00224	0.96402	0.36906
0.65061	0.00224	0.96982	0.39629
0.65641	0.00453	0.97562	0.41527
0.66222	0.00453	0.98143	0.43494
0.66802	0.00224	0.98723	0.45533
0.67382	0.00453	0.99304	0.48732
0.67963	0.00224	0.99884	0.50962
0.68543	0.00453	1.00464	0.53273
0.69124	0.00453	1.01045	0.55669
0.69704	0.00453	1.01625	0.58152
0.70284	0.00453	1.02205	0.59427
0.70865	0.00453	1.02786	0.60725
0.71445	0.00453	1.03366	0.63393
0.72026	0.00453	1.03947	0.66157
0.72606	0.00453	1.04527	0.67577
0.73186	0.00453	1.05107	0.70494
0.73767	0.00686	1.05688	0.71992
0.74347	0.00453	1.06268	0.73518
0.74928	0.00686	1.06848	0.75071
0.75508	0.00923	1.07429	0.76651
0.76088	0.01164	1.08009	0.78261
0.76669	0.01164	1.08590	0.79899
0.77249	0.01164	1.09170	0.81567
0.77829	0.01409	1.09750	0.83266
0.78410	0.01914	1.10331	0.83266
0.78990	0.01914	1.10911	0.83266
0.79571	0.02173	1.11492	0.84995
0.80151	0.02705	1.12072	0.86755
0.80731	0.02979	1.12652	0.86755
0.81312	0.03257	1.13233	0.88547
0.81892	0.03829	1.13813	0.90371
0.82472	0.04421	1.14394	0.90371

TESTE 17 (cont.)

t	F_D
1.14974	0.90371
1.15354	0.92229
1.16135	0.92229
1.16715	0.94120
1.17295	0.94120
1.17876	0.94120
1.18456	0.94120
1.19037	0.94120
1.19617	0.96045
1.20197	0.94120
1.20778	0.96045
1.21358	0.96045
1.21939	0.96045
1.22519	0.96045
1.23099	0.96045
1.23680	0.96045
1.24260	0.98005
1.24840	0.98005
1.25421	0.98005
1.26001	0.98005
1.26582	0.98005
1.27162	0.98005
1.27742	1.00000
1.28323	0.98005
1.28903	0.98005
1.29484	1.00000
1.30064	1.00000
1.30644	1.00000
1.31225	0.98005
1.31805	1.00000
1.32385	1.00000
1.32966	1.00000
1.33546	1.00000
1.34126	1.00000
1.34707	0.98005
1.35287	1.00000
1.35868	1.00000

TESTE 17R

t	F _D
0.00062	0.03921
0.06273	0.03921
0.12484	0.03921
0.18696	0.05830
0.24907	0.03921
0.31118	0.01978
0.37329	0.03921
0.43540	0.03921
0.49752	0.03921
0.55963	0.01978
0.62174	0.01978
0.68385	0.01978
0.74596	0.01978
0.80807	0.01978
0.87019	0.03921
0.93230	0.18276
0.99441	0.50831
1.05652	0.76662
1.11863	0.90387
1.18075	0.95919
1.24286	0.98234
1.30497	0.99367
1.36708	0.99793
1.42919	1.00000
1.49130	0.33555
1.55342	0.50831
1.61553	0.67539
1.67764	0.79643
1.73975	0.86253
1.80186	0.91128
1.86398	0.94156
1.92609	0.95919
1.98820	0.96994
2.05031	0.97751
2.11242	0.98234
2.17453	0.98466
2.23665	0.07705
2.29876	0.07705
2.36087	0.07705
2.42298	0.05830
2.48509	0.05830

TESTE 18

t	F _D	t	F _D
0.50096	0.00620	0.83722	0.09424
0.63087	0.00410	0.84104	0.09797
0.63470	0.00620	0.84486	0.10177
0.63852	0.00620	0.84868	0.10958
0.64234	0.00620	0.85250	0.11359
0.64616	0.00620	0.85632	0.12183
0.64998	0.00620	0.86014	0.12606
0.65380	0.00620	0.86397	0.13476
0.65762	0.00620	0.86779	0.14377
0.66144	0.00203	0.87161	0.15312
0.66527	0.00620	0.87543	0.15791
0.66909	0.00835	0.87925	0.16777
0.67291	0.00620	0.88307	0.17799
0.67673	0.00620	0.88689	0.18323
0.68055	0.00620	0.89071	0.19401
0.68437	0.00620	0.89454	0.20519
0.68819	0.00835	0.89836	0.21093
0.69201	0.00835	0.90218	0.22272
0.69584	0.00835	0.90600	0.23493
0.69966	0.00835	0.90982	0.24760
0.70348	0.00835	0.91364	0.25410
0.70730	0.00835	0.91746	0.26747
0.71112	0.00835	0.92128	0.28132
0.71494	0.01053	0.92511	0.28843
0.71876	0.01275	0.92893	0.30305
0.72258	0.01275	0.93275	0.31056
0.72640	0.01275	0.93657	0.32598
0.73023	0.01275	0.94039	0.34197
0.73405	0.01275	0.94421	0.35018
0.73787	0.01501	0.94803	0.36704
0.74169	0.01731	0.95185	0.37571
0.74551	0.01731	0.95567	0.39351
0.74933	0.01966	0.95950	0.40265
0.75315	0.01966	0.96332	0.41195
0.75697	0.02204	0.96714	0.43107
0.76080	0.02447	0.97096	0.45089
0.76462	0.02695	0.97478	0.45089
0.76844	0.02695	0.97860	0.45089
0.77226	0.02947	0.98242	0.48198
0.77608	0.03203	0.98624	0.49272
0.77990	0.03464	0.99006	0.50365
0.78372	0.03730	0.99389	0.51478
0.78754	0.04000	0.99771	0.52612
0.79136	0.04275	1.00153	0.53765
0.79518	0.04556	1.00535	0.54940
0.79901	0.04841	1.00917	0.56136
0.80283	0.05132	1.01299	0.57353
0.80665	0.05428	1.01681	0.58592
0.81047	0.05729	1.02063	0.59854
0.81429	0.06348	1.02448	0.61139
0.81811	0.06665	1.02828	0.62447
0.82193	0.06989	1.03210	0.63778
0.82575	0.07654	1.03592	0.65133
0.82956	0.08343	1.03974	0.66514
0.83340	0.08697	1.04356	0.66514

TESTE 18 (cont.)

t	F _D
1.04738	0.67918
1.05120	0.69349
1.05502	0.70805
1.05885	0.72287
1.06267	0.73796
1.06649	0.75333
1.07031	0.75333
1.07413	0.76897
1.07795	0.76897
1.08177	0.78490
1.08559	0.78490
1.08942	0.80111
1.09324	0.81762
1.09706	0.81762
1.10088	0.83442
1.10470	0.83442
1.10852	0.85153
1.11234	0.85153
1.11616	0.85153
1.11998	0.86895
1.12381	0.86895
1.12763	0.88668
1.13145	0.88668
1.13527	0.88668
1.13909	0.90473
1.14291	0.90473
1.14673	0.90473
1.15055	0.90473
1.15438	0.90473
1.15820	0.92311
1.16202	0.92311
1.16584	0.92311
1.16966	0.94182
1.17348	0.94182
1.17730	0.96087
1.18112	0.96087
1.18495	0.96087
1.18877	0.96087
1.19259	0.96087

TESTE 19

t	F _D	t	F _D
0.50050	0.03433	1.03020	0.64168
0.77112	0.00259	1.03515	0.65586
0.78267	0.00522	1.04010	0.68500
0.78762	0.00522	1.04505	0.68500
0.79257	0.00522	1.05000	0.71520
0.79752	0.00790	1.05495	0.73071
0.80248	0.01063	1.05990	0.73071
0.80743	0.01063	1.06485	0.76257
0.81238	0.01624	1.06980	0.76257
0.81733	0.01624	1.07475	0.77894
0.82228	0.01913	1.07970	0.79560
0.82723	0.02505	1.08465	0.81257
0.83218	0.02809	1.08960	0.82983
0.83713	0.03118	1.09455	0.82983
0.84208	0.03754	1.09951	0.84742
0.84703	0.04413	1.10446	0.84742
0.85198	0.05096	1.10941	0.86532
0.85693	0.05804	1.11436	0.88354
0.86188	0.06538	1.11931	0.88354
0.86683	0.06915	1.12426	0.88354
0.87178	0.08087	1.12921	0.88354
0.87673	0.08904	1.13416	0.90209
0.88168	0.09751	1.13911	0.90209
0.88663	0.11080	1.14406	0.90209
0.89158	0.12006	1.14901	0.92098
0.89653	0.12966	1.15396	0.92098
0.90149	0.14472	1.15891	0.92098
0.90644	0.15522	1.16386	0.94020
0.91139	0.17169	1.16881	0.94020
0.91634	0.18317	1.17376	0.94020
0.92129	0.20119	1.17871	0.94020
0.92624	0.22020	1.18366	0.95978
0.93119	0.23345	1.18861	0.95978
0.93614	0.25424	1.19356	0.95978
0.94109	0.26873	1.19852	0.95978
0.94604	0.28375	1.20347	0.95978
0.95099	0.30732	1.20842	0.97971
0.95594	0.32374	1.21337	0.95978
0.96089	0.34951	1.21832	0.97971
0.96584	0.36748	1.22327	0.97971
0.97079	0.38610	1.22822	0.97971
0.97574	0.40540	1.23317	0.95978
0.98069	0.42541	1.23812	0.97971
0.98564	0.44614	1.24307	0.97971
0.99059	0.46763	1.24802	0.97971
0.99554	0.50135	1.25297	0.97971
1.00050	0.52485	1.25792	0.97971
1.00545	0.53692	1.26287	0.97971
1.01040	0.56172	1.26782	0.97971
1.01535	0.57446	1.27277	0.97971
1.02030	0.60063	1.27772	0.97971
1.02525	0.62775	1.28267	0.97971

TESTE 19R

t	F _D
0.00058	0.03891
0.05876	0.03891
0.11693	0.03891
0.17510	0.03891
0.23328	0.05784
0.29145	0.01963
0.34962	0.03891
0.40780	0.03891
0.46597	0.03891
0.52414	0.03891
0.58232	0.03891
0.64049	0.01963
0.69866	0.01963
0.75684	0.01963
0.81501	0.01963
0.87318	0.03891
0.93136	0.18132
0.98953	0.47111
1.04770	0.73495
1.10588	0.87717
1.16405	0.94020
1.22222	0.97224
1.28040	0.98586
1.33857	0.99415
1.39674	0.99614
1.45492	0.99614

TESTE 20

t	F _D	t	F _D
0.50603	0.00741	0.82083	0.05637
0.57971	0.00741	0.82418	0.05919
0.58305	0.00935	0.82753	0.06206
0.64668	0.00935	0.83088	0.06498
0.65003	0.01132	0.83423	0.07099
0.65338	0.00935	0.83757	0.07408
0.65673	0.01132	0.84092	0.07722
0.66008	0.00935	0.84427	0.08368
0.66343	0.00935	0.84762	0.08699
0.66678	0.00935	0.85097	0.09037
0.67013	0.01132	0.85432	0.09730
0.67348	0.01132	0.85767	0.09730
0.67682	0.01132	0.86102	0.10818
0.68017	0.01132	0.86437	0.11194
0.68352	0.01132	0.86772	0.11966
0.68687	0.01132	0.87107	0.12363
0.69022	0.01132	0.87441	0.13178
0.69357	0.01132	0.87776	0.13596
0.69692	0.01132	0.88111	0.14456
0.70027	0.01333	0.88446	0.15347
0.70362	0.01132	0.88781	0.16270
0.70697	0.01333	0.89116	0.16745
0.71032	0.01333	0.89451	0.17719
0.71366	0.01333	0.89786	0.18729
0.71701	0.01333	0.90121	0.19248
0.72036	0.01333	0.90456	0.20314
0.72371	0.01333	0.90790	0.21419
0.72706	0.01333	0.91125	0.22564
0.73041	0.01538	0.91460	0.23151
0.73376	0.01538	0.91795	0.24360
0.73711	0.01746	0.92130	0.25612
0.74046	0.01746	0.92465	0.26910
0.74380	0.01746	0.92800	0.27576
0.74715	0.01746	0.93135	0.28946
0.75050	0.01746	0.93469	0.30365
0.75385	0.01958	0.93804	0.31094
0.75720	0.01958	0.94139	0.32592
0.76055	0.01958	0.94474	0.33361
0.76390	0.02173	0.94809	0.34942
0.76725	0.03076	0.95144	0.35753
0.77060	0.02393	0.95479	0.37421
0.77394	0.02616	0.95814	0.38278
0.77729	0.02616	0.96149	0.38278
0.78064	0.02844	0.96484	0.40941
0.78399	0.02844	0.96818	0.42798
0.78734	0.03312	0.97153	0.42798
0.79069	0.03312	0.97488	0.44722
0.79404	0.03552	0.97823	0.45711
0.79739	0.03796	0.98158	0.46717
0.80074	0.04045	0.98493	0.47741
0.80409	0.04045	0.98828	0.49846
0.80743	0.04557	0.99163	0.50927
0.81078	0.04820	0.99498	0.50927
0.81413	0.04820	0.99833	0.52028
0.81748	0.05359	1.00167	0.53148

TESTE 20 (cont.)

t	F _D	t	F _D
1.00502	0.54289	1.10549	0.85321
1.00837	0.55450	1.10884	0.85321
1.01172	0.56632	1.11219	0.87043
1.01507	0.57836	1.11554	0.87043
1.01842	0.59061	1.11889	0.87043
1.02177	0.60309	1.12224	0.87043
1.02512	0.61579	1.12559	0.88796
1.02847	0.62872	1.12894	0.88796
1.03182	0.62872	1.13228	0.88796
1.03516	0.64188	1.13563	0.90581
1.03851	0.66893	1.13898	0.90581
1.04186	0.66893	1.14233	0.92398
1.04521	0.68282	1.14568	0.92398
1.04856	0.66893	1.14903	0.92398
1.05191	0.69696	1.15238	0.94247
1.05526	0.71135	1.15573	0.94247
1.05861	0.71135	1.15908	0.94247
1.06196	0.72601	1.16243	0.94247
1.06531	0.74093	1.16577	0.94247
1.06865	0.75612	1.16912	0.96131
1.07200	0.75612	1.17247	0.96131
1.07535	0.77159	1.17582	0.96131
1.07870	0.77159	1.17917	0.96131
1.08205	0.78733	1.18252	0.96131
1.08540	0.80336	1.18587	0.96131
1.08875	0.80336	1.18922	0.98048
1.09210	0.80336	1.19256	0.98048
1.09545	0.81968	1.19591	0.98048
1.09879	0.83630	1.19926	0.98048
1.10214	0.83630	1.20261	0.98048
1.10549	0.85321	1.20596	0.98048

TESTE 20R

t	F _D	t	F _D
0.76506	0.00000	0.98296	0.44797
0.76902	0.01963	0.98693	0.45964
0.77298	0.01963	0.99089	0.47111
0.77694	0.01963	0.99485	0.49345
0.78090	0.01963	0.99881	0.51499
0.78487	0.01963	1.00277	0.53578
0.78883	0.01963	1.00674	0.55584
0.79279	0.01963	1.01070	0.57519
0.79675	0.01963	1.01466	0.59386
0.80071	0.01963	1.01862	0.60295
0.80468	0.03891	1.02258	0.62064
0.80864	0.01963	1.02655	0.63772
0.81260	0.01963	1.03051	0.65419
0.81656	0.01963	1.03447	0.67008
0.82052	0.03891	1.03843	0.69287
0.82448	0.03891	1.04239	0.70021
0.82845	0.03891	1.04635	0.71448
0.83241	0.01963	1.05032	0.72825
0.83637	0.03891	1.05428	0.74154
0.84033	0.03891	1.05824	0.75435
0.84429	0.03891	1.06220	0.76672
0.84826	0.03891	1.06616	0.77274
0.85222	0.03891	1.07013	0.78446
0.85618	0.03891	1.07409	0.79577
0.86014	0.03891	1.07805	0.80668
0.86410	0.05784	1.08201	0.81721
0.86807	0.05784	1.08597	0.82233
0.87203	0.05784	1.08994	0.83717
0.87599	0.05784	1.09390	0.84193
0.87995	0.07644	1.09786	0.85122
0.88391	0.07644	1.10182	0.85574
0.88788	0.07644	1.10578	0.86018
0.89184	0.09471	1.10975	0.86883
0.89580	0.09471	1.11371	0.87303
0.89976	0.11266	1.11767	0.88123
0.90372	0.11266	1.12163	0.88913
0.90769	0.11266	1.12559	0.89298
0.91165	0.14760	1.12956	0.89676
0.91561	0.13029	1.13352	0.90412
0.91957	0.14760	1.13748	0.90770
0.92353	0.16461	1.14144	0.91122
0.92750	0.19773	1.14540	0.91467
0.93146	0.19773	1.14937	0.91806
0.93542	0.21385	1.15333	0.92140
0.93938	0.22968	1.15729	0.92467
0.94334	0.24523	1.16125	0.92789
0.94731	0.26050	1.16521	0.93105
0.95127	0.27551	1.16918	0.93720
0.95522	0.30472	1.17314	0.93720
0.95918	0.30472	1.17710	0.94314
0.96315	0.33291	1.18106	0.94603
0.96712	0.34663	1.18502	0.94603
0.97108	0.37334	1.18899	0.94886
0.97504	0.39911	1.19295	0.95165
0.97900	0.41166	1.19691	0.95439

TESTE 20R (cont.)

t	F _D	t	F _D
1.20087	0.95708	1.31181	0.98799
1.20193	0.95708	1.31577	0.98799
1.20880	0.95972	1.31973	0.99008
1.21278	0.96486	1.32369	0.99008
1.21672	0.96486	1.32765	0.99214
1.22068	0.96486	1.33162	0.99214
1.22464	0.96486	1.33558	0.99214
1.22861	0.96982	1.33954	0.99214
1.23257	0.96736	1.34350	0.99214
1.23653	0.96982	1.34746	0.99415
1.24049	0.97224	1.35143	0.99415
1.24445	0.97461	1.35539	0.99415
1.24842	0.97461	1.35935	0.99415
1.25238	0.97461	1.36331	0.99415
1.25634	0.97694	1.36727	0.99614
1.26030	0.97923	1.37124	0.99614
1.26426	0.97923	1.37520	0.99614
1.26823	0.97923	1.37916	0.99614
1.27219	0.97923	1.38312	0.99614
1.27615	0.98148	1.38708	0.99614
1.28011	0.98369	1.39105	0.99614
1.28407	0.98369	1.39501	0.99614
1.28803	0.98369	1.39897	0.99809
1.29200	0.98586	1.40293	0.99614
1.29596	0.98586	1.40689	0.99809
1.29992	0.98799	1.41086	0.99809
1.30388	0.98799	1.41482	0.99809
1.30784	0.98799	1.41878	0.99809
1.31181	0.98799	1.42274	0.99809

TESTE 21

t	F _D	t	F _D
0.50628	0.14793	0.96653	0.38462
0.51464	0.15385	0.97490	0.41420
0.52301	0.14793	0.98326	0.43195
0.53138	0.15976	0.99163	0.46154
0.53973	0.16568	1.00000	0.48521
0.54812	0.16568	1.00837	0.50888
0.55649	0.16568	1.01674	0.52663
0.56485	0.16568	1.02510	0.54438
0.57322	0.16568	1.03347	0.56805
0.58159	0.16568	1.04184	0.59172
0.58996	0.16568	1.05021	0.60947
0.59833	0.16568	1.05858	0.63314
0.60669	0.16568	1.06695	0.65089
0.61506	0.15976	1.07531	0.66864
0.62343	0.15976	1.08368	0.68639
0.63180	0.15976	1.09205	0.70414
0.64017	0.15385	1.10042	0.72189
0.64854	0.15385	1.10879	0.73964
0.65690	0.14793	1.11715	0.75148
0.66527	0.14201	1.12552	0.76923
0.67364	0.13609	1.13389	0.78107
0.68201	0.13609	1.14226	0.79290
0.69038	0.13018	1.15063	0.80473
0.69874	0.12426	1.15900	0.81657
0.70711	0.11834	1.16736	0.82840
0.71548	0.11243	1.17573	0.83432
0.72385	0.10651	1.18410	0.84615
0.73222	0.10651	1.19247	0.85207
0.74059	0.10059	1.20084	0.86391
0.74895	0.10059	1.20921	0.86982
0.75732	0.09467	1.21757	0.87574
0.76569	0.09467	1.22594	0.88166
0.77406	0.08876	1.23431	0.88757
0.78243	0.08876	1.24268	0.89349
0.79079	0.08876	1.25105	0.89941
0.79916	0.09467	1.25941	0.89941
0.80753	0.09467	1.26778	0.90533
0.81590	0.09467	1.27615	0.91124
0.82427	0.10059	1.28452	0.91124
0.83264	0.10651	1.29289	0.91124
0.84100	0.10651	1.30126	0.92308
0.84937	0.11834	1.30962	0.92308
0.85774	0.12426	1.31799	0.92308
0.86611	0.13018	1.32636	0.92899
0.87448	0.14201	1.33473	0.93491
0.88285	0.15976	1.34310	0.94083
0.89121	0.17751	1.35146	0.94675
0.89958	0.19527	1.35983	0.94675
0.90795	0.22485	1.36820	0.95266
0.91632	0.24260	1.37657	0.95266
0.92469	0.26627	1.38494	0.95858
0.93305	0.28994	1.39331	0.96450
0.94142	0.31361	1.40167	0.96450
0.94979	0.33728	1.41004	0.97041
0.95816	0.36095	1.41841	0.97041

TESTE 21 (cont.)

t	F _D
1.42678	0.97041
1.43515	0.97633
1.44351	0.97633
1.45188	0.97633
1.46025	0.98225
1.46862	0.98225
1.47699	0.98225
1.48536	0.98817
1.49372	0.98225
1.50209	0.98225
1.51046	0.98817
1.56067	0.99408

TESTE 21R

t	F _D	t	F _D
0.12033	0.00592	0.57676	0.00592
0.12863	0.01183	0.58506	0.00592
0.13693	0.01183	0.59336	0.00592
0.14523	0.01183	0.60166	0.01183
0.15353	0.01183	0.60996	0.00592
0.16183	0.01183	0.61826	0.00592
0.17012	0.01183	0.62656	0.00592
0.17842	0.01183	0.63485	0.01183
0.18672	0.01183	0.64315	0.01183
0.19502	0.01183	0.65145	0.00592
0.20332	0.01183	0.65975	0.00592
0.21162	0.00592	0.66805	0.00592
0.21992	0.01775	0.67635	0.00592
0.22822	0.00592	0.68465	0.00592
0.23651	0.01775	0.69295	0.00592
0.24481	0.00592	0.70124	0.00592
0.25311	0.01183	0.70954	0.01183
0.26141	0.01183	0.71784	0.01183
0.26971	0.01183	0.72614	0.01183
0.27801	0.01183	0.73444	0.01183
0.28631	0.01183	0.74274	0.01775
0.29461	0.01183	0.75104	0.01775
0.30290	0.00592	0.75934	0.01775
0.31120	0.01183	0.76763	0.02367
0.31950	0.01183	0.77593	0.02367
0.32780	0.01183	0.78423	0.02959
0.33610	0.01183	0.79253	0.03550
0.34440	0.00592	0.80083	0.04142
0.35270	0.01183	0.80913	0.04734
0.36100	0.01183	0.81743	0.05325
0.36929	0.01183	0.82573	0.06509
0.37759	0.01183	0.83402	0.07692
0.38589	0.01183	0.84232	0.08876
0.39419	0.01183	0.85062	0.10651
0.40249	0.00592	0.85892	0.11834
0.41079	0.00592	0.86722	0.13018
0.41909	0.01183	0.87552	0.14793
0.42739	0.01183	0.88382	0.15976
0.43568	0.01183	0.89212	0.18343
0.44398	0.01183	0.90041	0.20710
0.45228	0.01183	0.90871	0.21893
0.46058	0.01183	0.91701	0.24260
0.46888	0.01183	0.92531	0.26627
0.47718	0.00592	0.93361	0.29586
0.48548	0.00592	0.94191	0.30769
0.49378	0.01183	0.95021	0.33728
0.50207	0.00592	0.95851	0.36095
0.51037	0.01183	0.96680	0.39053
0.51867	0.00592	0.97510	0.41420
0.52697	0.01183	0.98340	0.44379
0.53527	0.00592	0.99170	0.46746
0.54357	0.01183	1.00000	0.49112
0.55187	0.00592	1.00830	0.51479
0.56017	0.01183	1.01660	0.53846
0.56846	0.00592	1.02490	0.56213

TESTE 21R (cont.)

t	F _D	t	F _D
1.03320	0.58580	1.32365	0.97041
1.04149	0.61538	1.33195	0.97633
1.04979	0.63314	1.34025	0.98225
1.05809	0.65680	1.34855	0.98225
1.06639	0.67456	1.35685	0.98225
1.07469	0.69822	1.36515	0.98225
1.08299	0.71598	1.37344	0.98225
1.09129	0.73373	1.38174	0.98817
1.09959	0.75148	1.39004	0.99408
1.10788	0.76923	1.39834	0.98817
1.11618	0.78698	1.40664	0.98817
1.12448	0.79882	1.41494	0.99408
1.13278	0.82840	1.42324	0.99408
1.14108	0.83432	1.43154	0.99408
1.14938	0.84024	1.43983	0.99408
1.15768	0.85207	1.44813	0.02959
1.16598	0.86391	1.45643	0.02959
1.17427	0.87574	1.46473	0.02959
1.18257	0.88757	1.47303	0.02367
1.19087	0.89349	1.48133	0.02959
1.19917	0.89941	1.48963	0.02959
1.20747	0.91124	1.49793	0.02367
1.21577	0.91716	1.50622	0.02367
1.22407	0.92308	1.51452	0.02367
1.23237	0.92899	1.52282	0.02367
1.24066	0.93491	1.53112	0.02367
1.24896	0.94083	1.53942	0.02367
1.25726	0.94675	1.54772	0.01775
1.26556	0.95266	1.55602	0.01775
1.27386	0.95266	1.56432	0.01775
1.28216	0.95858	1.57261	0.01775
1.29046	0.96450	1.58091	0.01775
1.29876	0.97041	1.58921	0.01775
1.30705	0.97041	1.59751	0.01775
1.31535	0.97633	1.60581	0.01775
1.32365	0.97041	0.00000	0.00000

TESTE 22

t	F _D	t	F _D
0.67020	0.00578	0.96136	0.38728
0.67549	0.01156	0.96665	0.39884
0.68078	0.01156	0.97194	0.41040
0.68608	0.01156	0.97724	0.42775
0.69137	0.01156	0.98253	0.43931
0.69666	0.01156	0.98782	0.45665
0.70196	0.01156	0.99312	0.46821
0.70725	0.01156	0.99841	0.47977
0.71255	0.01734	1.00371	0.49133
0.71784	0.01734	1.00900	0.50289
0.72313	0.01734	1.01429	0.51445
0.72843	0.01734	1.01959	0.53179
0.73372	0.01734	1.02488	0.54335
0.73902	0.01734	1.03017	0.55491
0.74431	0.02312	1.03547	0.56647
0.74960	0.02312	1.04076	0.57803
0.75490	0.02312	1.04606	0.58382
0.76019	0.02312	1.05135	0.60116
0.76548	0.02890	1.05664	0.60694
0.77078	0.03468	1.06194	0.61850
0.77607	0.03468	1.06723	0.63006
0.78137	0.03468	1.07253	0.64162
0.78666	0.04046	1.07782	0.65318
0.79195	0.04624	1.08311	0.65896
0.79725	0.04624	1.08841	0.67630
0.80254	0.05780	1.09370	0.68208
0.80783	0.06358	1.09899	0.69364
0.81313	0.06936	1.10429	0.69942
0.81842	0.07514	1.10958	0.71098
0.82372	0.08671	1.11488	0.71676
0.82901	0.09249	1.12017	0.72832
0.83430	0.10405	1.12546	0.73410
0.83960	0.10983	1.13076	0.77457
0.84489	0.12139	1.13605	0.75145
0.85019	0.13295	1.14134	0.76301
0.85548	0.14451	1.14664	0.76879
0.86077	0.15607	1.15193	0.77457
0.86607	0.16763	1.15723	0.78613
0.87136	0.17341	1.16252	0.79191
0.87665	0.18497	1.16781	0.79769
0.88195	0.20231	1.17311	0.80347
0.88724	0.20809	1.17840	0.80925
0.89254	0.22543	1.18370	0.81503
0.89783	0.23699	1.18899	0.82659
0.90312	0.24277	1.19428	0.82659
0.90842	0.26012	1.19958	0.83815
0.91371	0.27168	1.20487	0.83815
0.91900	0.28324	1.21016	0.84393
0.92430	0.30058	1.21546	0.84971
0.92959	0.31214	1.22075	0.85549
0.93489	0.32370	1.22605	0.86127
0.94018	0.33526	1.23134	0.86705
0.94547	0.34682	1.23663	0.86705
0.95077	0.36416	1.24193	0.90751
0.95606	0.37572	1.24722	0.87861

TESTE 22 (cont.)

t	F _D
1.25251	0.88439
1.25781	0.88439
1.26310	0.89595
1.26840	0.89595
1.27369	0.89595
1.27898	0.90751
1.28428	0.90751
1.28957	0.90751
1.29487	0.91329
1.30016	0.91908
1.30545	0.91908
1.31075	0.92486
1.31604	0.92486
1.32133	0.92486
1.32663	0.92486
1.33192	0.93064
1.33722	0.93064
1.34251	0.93642
1.34780	0.94220
1.35310	0.94220
1.35839	0.94220
1.36368	0.94220
1.36898	0.94220
1.37427	0.94798
1.37957	0.94798
1.38486	0.94798
1.39015	0.95376
1.39545	0.95376
1.40074	0.95376
1.40603	0.95376
1.41133	0.95376
1.41662	0.95954
1.42192	0.95376
1.42721	0.95954
1.43250	0.95954
1.43780	0.95954
1.44309	0.95954
1.44839	0.96532
1.45368	0.96532
1.45897	0.96532
1.46427	0.96532
1.46956	0.97110
1.47485	0.96532
1.48015	0.97110
1.48544	0.97110
1.49074	0.96532
1.49603	0.97110
1.50132	0.97110
1.50662	0.97688
1.51191	0.98266
1.51721	0.98266
1.52250	0.98844
1.52780	0.98844
1.53309	0.98844
1.53839	0.98844
1.54368	0.98844
1.54897	0.98844
1.55427	0.98844
1.55956	0.98844
1.56485	0.98844
1.57015	0.98844
1.57544	0.98844
1.58073	0.98844

TESTE 22R

t	F _D
0.12093	0.01227
0.16321	0.01840
0.20550	0.01840
0.24778	0.01227
0.29006	0.01227
0.33235	0.01227
0.37463	0.01227
0.41691	0.00613
0.45920	0.00613
0.50148	0.00613
0.54376	0.00613
0.58605	0.00613
0.62833	0.00613
0.67061	0.00613
0.71290	0.00613
0.75518	0.01227
0.79746	0.03067
0.83975	0.06748
0.88203	0.14110
0.92431	0.24540
0.96660	0.38037
1.00888	0.51534
1.05116	0.64417
1.09345	0.74847
1.13573	0.83436
1.17801	0.90184
1.22030	0.95092
1.26258	0.98160

TESTE 23

t	F _D	t	F _D
0.64744	0.00575	0.94394	0.35632
0.64783	0.01149	0.94933	0.35057
0.65822	0.01149	0.95472	0.36782
0.66361	0.01149	0.96011	0.37931
0.66900	0.01149	0.96550	0.39655
0.67439	0.01149	0.97089	0.41379
0.67978	0.01149	0.97628	0.42529
0.68518	0.01149	0.98167	0.43103
0.69057	0.01149	0.98706	0.44828
0.69596	0.01149	0.99245	0.46552
0.70135	0.01149	0.99784	0.47701
0.70674	0.01149	1.00323	0.49425
0.71213	0.01149	1.00863	0.51149
0.71752	0.01149	1.01402	0.52299
0.72291	0.01724	1.01941	0.52874
0.72830	0.01149	1.02480	0.54598
0.73369	0.01724	1.03019	0.55747
0.73908	0.01724	1.03558	0.57471
0.74447	0.01724	1.04097	0.58046
0.74987	0.01724	1.04636	0.59195
0.75526	0.01724	1.05175	0.60920
0.76065	0.01724	1.05714	0.62069
0.76604	0.02299	1.06253	0.63218
0.77143	0.02874	1.06792	0.64368
0.77682	0.02874	1.07332	0.64943
0.78221	0.04598	1.07871	0.66092
0.78760	0.03448	1.08410	0.67241
0.79299	0.03448	1.08949	0.68391
0.79838	0.04598	1.09488	0.69540
0.80377	0.05172	1.10027	0.70115
0.80916	0.05747	1.10566	0.71264
0.81456	0.06322	1.11105	0.71839
0.81995	0.06897	1.11644	0.72989
0.82534	0.07471	1.12183	0.74138
0.83073	0.08621	1.12722	0.74713
0.83612	0.09195	1.13261	0.75862
0.84151	0.10345	1.13801	0.76437
0.84690	0.10920	1.14340	0.77011
0.85229	0.12069	1.14879	0.78161
0.85768	0.13218	1.15418	0.78736
0.86307	0.14368	1.15957	0.79310
0.86846	0.15517	1.16496	0.79885
0.87385	0.16092	1.17035	0.81034
0.87925	0.17816	1.17574	0.81609
0.88464	0.18966	1.18113	0.82184
0.89003	0.20115	1.18652	0.82759
0.89542	0.21264	1.19191	0.83908
0.90081	0.22989	1.19730	0.83908
0.90620	0.25287	1.20270	0.84483
0.91159	0.25287	1.20809	0.85057
0.91698	0.27011	1.21348	0.85632
0.92237	0.28161	1.21887	0.86207
0.92776	0.29310	1.22426	0.86782
0.93315	0.31034	1.22965	0.87356
0.93854	0.32759	1.23504	0.87931

TESTE 23 (cont.)

t	F _D	t	F _D
1.24043	0.87931	1.47224	0.98276
1.24582	0.88506	1.47763	0.98276
1.25121	0.89080	1.48302	0.98276
1.25660	0.89655	1.48841	0.98851
1.26199	0.89655	1.49380	0.98276
1.26739	0.90230	1.49919	0.98851
1.27278	0.90805	1.50458	0.98276
1.27817	0.90805	1.50997	0.98851
1.28356	0.91379	1.51536	0.98851
1.28895	0.91379	1.52075	0.98851
1.29434	0.91954	1.52615	0.98851
1.29973	0.92529	1.53154	0.98851
1.30512	0.92529	1.53693	0.98851
1.31051	0.93103	1.54232	1.00000
1.31590	0.93103	1.54771	0.98851
1.32129	0.93678	1.55310	0.98851
1.32668	0.93678	1.55849	0.98851
1.33208	0.93678	1.56388	0.98851
1.33747	0.94253	1.56927	0.98851
1.34286	0.94253	1.57466	0.99425
1.34825	0.94828	1.58005	0.99425
1.35364	0.94828	1.58544	0.98851
1.35903	0.95402	1.59084	0.99425
1.36442	0.95402	1.59623	0.99425
1.36981	0.94828	1.60162	0.99425
1.37520	0.95977	1.60701	0.99425
1.38059	0.95977	1.61240	0.99425
1.38598	0.95977	1.61779	0.99425
1.39137	0.95977	1.62318	0.99425
1.39677	0.96552	1.62857	0.99425
1.40216	0.96552	1.63396	0.99425
1.40755	0.97126	1.63935	0.99425
1.41294	0.96552	1.64474	0.99425
1.41833	0.97126	1.65013	0.99425
1.42372	0.97126	1.65553	0.99425
1.42911	0.97701	1.66092	1.00000
1.43450	0.97701	1.66631	1.00000
1.43989	0.97701	1.67170	0.99425
1.44528	0.97701	1.67709	1.00000
1.45067	0.97701	1.68248	0.99425
1.45606	0.98276	1.68787	1.00000
1.46146	0.98276	1.69326	1.00000
1.46685	0.98276	1.69865	1.00000
1.47224	0.98276		

TESTE 23R

t	F _D	t	F _D
0.71790	0.02778	0.94826	0.31111
0.72168	0.03333	0.95204	0.31111
0.72545	0.03333	0.95582	0.33333
0.72923	0.02778	0.95959	0.34444
0.73301	0.02778	0.96337	0.35556
0.73678	0.02778	0.96715	0.37778
0.74056	0.03333	0.97092	0.38333
0.74434	0.02778	0.97470	0.40000
0.74811	0.02778	0.97847	0.41111
0.75189	0.02778	0.98225	0.42778
0.75566	0.02778	0.98603	0.43333
0.75944	0.02778	0.98980	0.45000
0.76322	0.03333	0.99358	0.46111
0.76699	0.03889	0.99736	0.47778
0.77077	0.03889	1.00113	0.48333
0.77454	0.03889	1.00491	0.50556
0.77832	0.03889	1.00869	0.51667
0.78209	0.03889	1.01246	0.52778
0.78587	0.04444	1.01624	0.53889
0.78964	0.04444	1.02002	0.55000
0.79342	0.04444	1.02379	0.56111
0.79719	0.05000	1.02757	0.57778
0.80097	0.05000	1.03134	0.60000
0.80474	0.05556	1.03512	0.59444
0.80852	0.05556	1.03890	0.61111
0.81229	0.05556	1.04267	0.61667
0.81607	0.06111	1.04645	0.62778
0.81984	0.06111	1.05023	0.63889
0.82362	0.07222	1.05400	0.65000
0.82739	0.07222	1.05778	0.66667
0.83117	0.07778	1.06156	0.67222
0.83494	0.08333	1.06533	0.68333
0.83872	0.08889	1.06911	0.68889
0.84249	0.09444	1.07289	0.70000
0.84627	0.10000	1.07666	0.71111
0.85004	0.11111	1.08044	0.71667
0.85382	0.11667	1.08421	0.72778
0.85759	0.12222	1.08799	0.73889
0.86137	0.12222	1.09177	0.73889
0.86514	0.13333	1.09554	0.75000
0.86892	0.13889	1.09932	0.75556
0.87269	0.14444	1.10310	0.76667
0.87647	0.15556	1.10687	0.77222
0.88024	0.16111	1.11065	0.78333
0.88402	0.17222	1.11443	0.78889
0.88779	0.18333	1.11820	0.79444
0.89157	0.18889	1.12198	0.80000
0.89534	0.21111	1.12576	0.80556
0.89912	0.21667	1.12953	0.81111
0.90289	0.22222	1.13331	0.82222
0.90667	0.23333	1.13708	0.82222
0.91044	0.24444	1.14086	0.83333
0.91422	0.25556	1.14464	0.83889
0.91799	0.27222	1.14841	0.83889
0.92177	0.28333	1.15219	0.85000
0.92554	0.29444		

TESTE 23R (cont.)

t	F _D	t	F _D
1.15597	0.85556	1.34101	0.97222
1.15474	0.85556	1.34479	0.97222
1.16352	0.86111	1.34856	0.97222
1.16730	0.86667	1.35234	0.97222
1.17107	0.87222	1.35612	0.97222
1.17485	0.88333	1.35989	0.97222
1.17863	0.88333	1.36367	0.97778
1.18240	0.88333	1.36745	0.97222
1.18618	0.88889	1.37122	0.97778
1.18995	0.88889	1.40144	0.98333
1.19373	0.89444	1.40521	0.98333
1.19751	0.90000	1.40899	0.97778
1.20128	0.90556	1.41276	0.98333
1.20506	0.90556	1.43920	0.98889
1.20884	0.90556	1.44298	0.98333
1.21261	0.91111	1.44675	0.98333
1.21639	0.91111	1.45053	0.98889
1.22017	0.91667	1.45431	0.98333
1.22394	0.91667	1.45808	0.98889
1.22772	0.92222	1.46186	0.98333
1.23150	0.92222	1.46563	0.98889
1.23527	0.92778	1.46941	0.98889
1.23905	0.93333	1.47319	0.98889
1.24282	0.93333	1.47696	0.98333
1.24660	0.93889	1.48074	0.98889
1.26171	0.94444	1.49962	0.98333
1.26548	0.94444	1.50340	0.98889
1.26926	0.94444	1.55627	0.98333
1.27304	0.95000	1.56005	0.99444
1.28814	0.95556	1.56382	0.98889
1.29192	0.95556	1.60159	0.99444
1.29569	0.92778	1.60536	0.99444
1.29947	0.96111	1.60914	0.98889
1.30325	0.96111	1.61292	0.99444
1.30702	0.96111	1.61669	0.98889
1.31080	0.96111	1.62047	0.98889
1.31458	0.96111	1.62424	0.99444
1.31835	0.96667	1.63835	0.98889
1.32213	0.96667	1.65068	0.99444
1.32591	0.96667	1.66958	0.98889
1.32968	0.96667	1.67334	0.99444
1.33346	0.96667	1.67711	0.98889
1.33724	0.96667	1.68089	0.99444
1.34101	0.97222		

TESTE 24

t	F _D	t	F _D
0.72573	0.00629	0.92422	0.22642
0.72934	0.01887	0.92782	0.23899
0.73295	0.01258	0.93143	0.25157
0.73656	0.01258	0.93504	0.26415
0.74017	0.01258	0.93865	0.27044
0.74377	0.01258	0.94226	0.28931
0.74738	0.01258	0.94587	0.30189
0.75099	0.01258	0.94948	0.30818
0.75460	0.01258	0.95309	0.32704
0.75821	0.01258	0.95669	0.33333
0.76182	0.01258	0.96030	0.34591
0.76543	0.01258	0.96391	0.36478
0.76904	0.01258	0.96752	0.37107
0.77265	0.01258	0.97113	0.38365
0.77625	0.01258	0.97474	0.39623
0.77986	0.01258	0.97835	0.41509
0.78347	0.01258	0.98196	0.42767
0.78708	0.01258	0.98556	0.43396
0.79069	0.01258	0.98917	0.44654
0.79430	0.01258	0.99278	0.45912
0.79791	0.01258	0.99639	0.47170
0.80152	0.01887	1.00000	0.49057
0.80512	0.01887	1.00361	0.49686
0.80873	0.01887	1.00722	0.50943
0.81234	0.01887	1.01083	0.52201
0.81595	0.02516	1.01444	0.53459
0.81956	0.01887	1.01804	0.54717
0.82317	0.03145	1.02165	0.55975
0.82678	0.03145	1.02526	0.56604
0.83039	0.03145	1.02887	0.58491
0.83399	0.03145	1.03248	0.59119
0.83760	0.03774	1.03609	0.60377
0.84121	0.03774	1.03970	0.61635
0.84482	0.04403	1.04331	0.62264
0.84843	0.04403	1.04691	0.63522
0.85204	0.05660	1.05052	0.64780
0.85565	0.06289	1.05413	0.66038
0.85926	0.06289	1.05774	0.66667
0.86287	0.06918	1.06135	0.67296
0.86647	0.07547	1.06496	0.68553
0.87008	0.09434	1.06857	0.69811
0.87369	0.08805	1.07218	0.70440
0.87730	0.09434	1.07578	0.71698
0.88091	0.10692	1.07939	0.72327
0.88452	0.11321	1.08300	0.72956
0.88813	0.11950	1.08661	0.74214
0.89174	0.13208	1.09022	0.75472
0.89534	0.14465	1.09383	0.76101
0.89895	0.15094	1.09744	0.76730
0.90256	0.15723	1.10105	0.77358
0.90617	0.16981	1.10466	0.77987
0.90978	0.18239	1.10826	0.78616
0.91339	0.19497	1.11187	0.79245
0.91700	0.20755	1.11548	0.79874
0.92061	0.21384	1.11909	0.80503

TESTE 24 (cont.)

t	F _D
1.12270	0.81761
1.12631	0.81761
1.12992	0.82390
1.13353	0.83648
1.13713	0.84906
1.14074	0.84906
1.14435	0.84906
1.14796	0.85535
1.15157	0.86164
1.15518	0.86792
1.15879	0.86792
1.16240	0.87421
1.16601	0.88050
1.16961	0.88679
1.17322	0.88679
1.17683	0.89308
1.18044	0.89308
1.18405	0.89937
1.18766	0.89937
1.19127	0.90566
1.19488	0.90566
1.19848	0.91195
1.20209	0.91824
1.20570	0.92453
1.20931	0.92453
1.21292	0.93082
1.21653	0.93711
1.22014	0.93711
1.22375	0.93711
1.22735	0.94340
1.23096	0.93711
1.23457	0.94340
1.23818	0.95597
1.24179	0.95597
1.24540	0.95597
1.24901	0.96226
1.25262	0.96226
1.25623	0.96855
1.25983	0.96855
1.26344	0.96855
1.26705	0.96855
1.27066	0.97484
1.27427	1.00000
1.27788	0.98113
1.28149	0.98113
1.28510	0.98113
1.28870	0.98113
1.29231	0.98742
1.29592	0.98742
1.29953	0.98742
1.30314	0.98742
1.30675	0.98742
1.31036	0.99371

TESTE 24R

t	F _D	t	F _D
0.72092	0.02959	0.92209	0.20710
0.72400	0.03550	0.92575	0.21302
0.72824	0.03550	0.92941	0.22485
0.73110	0.03550	0.93307	0.23669
0.73555	0.03550	0.93672	0.25444
0.73921	0.03550	0.94038	0.26036
0.74287	0.03550	0.94404	0.27811
0.74653	0.03550	0.94770	0.28994
0.75018	0.03550	0.95135	0.30178
0.75384	0.03550	0.95501	0.31361
0.75750	0.03550	0.95867	0.32544
0.76116	0.03550	0.96233	0.34320
0.76481	0.03550	0.96598	0.34911
0.76847	0.04142	0.96964	0.36686
0.77213	0.03550	0.97330	0.37870
0.77579	0.01775	0.97696	0.39053
0.77944	0.03550	0.98061	0.40828
0.78310	0.03550	0.98427	0.42012
0.78676	0.03550	0.98793	0.43195
0.79042	0.03550	0.99159	0.44970
0.79407	0.04142	0.99525	0.46154
0.79773	0.03550	0.99890	0.47337
0.80139	0.04142	1.00256	0.49112
0.80505	0.04734	1.00622	0.50296
0.80871	0.04142	1.00988	0.51479
0.81236	0.04734	1.01353	0.53254
0.81602	0.04734	1.01719	0.54438
0.81968	0.04734	1.02085	0.55621
0.82334	0.04734	1.02451	0.56805
0.82699	0.05325	1.02816	0.57988
0.83065	0.05325	1.03182	0.58580
0.83431	0.05325	1.03548	0.60355
0.83797	0.05917	1.03914	0.61538
0.84162	0.05917	1.04279	0.62130
0.84528	0.05917	1.04645	0.63905
0.84894	0.06509	1.05011	0.64497
0.85260	0.06509	1.05377	0.65680
0.85625	0.07692	1.05743	0.66864
0.85991	0.07692	1.06108	0.68047
0.86357	0.08284	1.06474	0.68639
0.86723	0.08876	1.06840	0.69822
0.87089	0.09467	1.07206	0.70414
0.87454	0.10059	1.07571	0.71598
0.87820	0.10059	1.07937	0.72189
0.88186	0.11243	1.08303	0.73373
0.88552	0.12426	1.08669	0.73964
0.88917	0.13018	1.09034	0.74556
0.89283	0.13609	1.09400	0.75740
0.89649	0.14201	1.09766	0.76331
0.90015	0.14793	1.10132	0.77515
0.90380	0.15385	1.10497	0.77515
0.90746	0.16038	1.10863	0.78698
0.91112	0.17751	1.11229	0.79290
0.91478	0.18343	1.11595	0.79882
0.91843	0.19527	1.11960	0.80473

TESTE 24R (cont.)

t	F _D	t	F _D
1.12326	0.81065	1.25860	0.95266
1.12692	0.82249	1.26225	0.95266
1.13058	0.82840	1.26591	0.95858
1.13424	0.83432	1.26957	0.95858
1.13789	0.84024	1.27323	0.95858
1.14155	0.84024	1.27688	0.96450
1.14521	0.84515	1.28054	0.96450
1.14887	0.85207	1.28420	0.96450
1.15252	0.85799	1.28786	0.96450
1.15618	0.86391	1.29151	0.96450
1.15984	0.86982	1.29517	0.97041
1.16350	0.87574	1.29883	0.97041
1.16715	0.87574	1.30249	0.97041
1.17081	0.88166	1.30614	0.97041
1.17447	0.88757	1.30980	0.97633
1.17813	0.88757	1.31346	0.97633
1.18178	0.89349	1.31712	0.97633
1.18544	0.89349	1.32078	0.98225
1.18910	0.89941	1.32443	0.98225
1.19276	0.90533	1.32809	0.97633
1.19642	0.91124	1.33175	0.98225
1.20007	0.91124	1.33541	0.98225
1.20373	0.91124	1.33906	0.98225
1.20739	0.91716	1.34272	0.98817
1.21105	0.92308	1.34638	0.98225
1.21470	0.92308	1.35004	0.98817
1.21836	0.92899	1.35369	0.99408
1.22202	0.92899	1.35735	0.98817
1.22568	0.92899	1.36101	0.98817
1.22933	0.93491	1.36467	0.98817
1.23299	0.94083	1.36832	0.98817
1.23665	0.94083	1.37198	0.98817
1.24031	0.94675	1.37564	0.99408
1.24396	0.94675	1.37930	0.99408
1.24762	0.94675	1.38296	0.99408
1.25128	0.95266	1.38661	0.98817
1.25494	0.95858	1.39027	0.99408
1.25860	0.95266		

TESTE 25

t	F _D	t	F _D
0.68463	0.00592	0.91621	0.24852
0.68894	0.01183	0.92042	0.26036
0.69305	0.01183	0.92463	0.27219
0.69726	0.01183	0.92884	0.28402
0.70147	0.01183	0.93305	0.28994
0.70568	0.01183	0.93726	0.30769
0.70989	0.01183	0.94147	0.31953
0.71411	0.01183	0.94568	0.33136
0.71832	0.01183	0.94989	0.34320
0.72253	0.01183	0.95411	0.35503
0.72674	0.01183	0.95832	0.36686
0.73095	0.01183	0.96253	0.37870
0.73516	0.01183	0.96674	0.39053
0.73937	0.01183	0.97095	0.40237
0.74358	0.01775	0.97516	0.41420
0.74779	0.01775	0.97937	0.42604
0.75200	0.01775	0.98358	0.43787
0.75621	0.02367	0.98779	0.44970
0.76042	0.01775	0.99200	0.46154
0.76463	0.02367	0.99621	0.47337
0.76884	0.02367	1.00042	0.48521
0.77305	0.02367	1.00463	0.49704
0.77726	0.02367	1.00884	0.50296
0.78147	0.02367	1.01305	0.52071
0.78568	0.02959	1.01726	0.52663
0.78989	0.02959	1.02147	0.53846
0.79411	0.02959	1.02568	0.55030
0.79832	0.03550	1.02989	0.55621
0.80253	0.03550	1.03411	0.57396
0.80674	0.03550	1.03832	0.57988
0.81095	0.04142	1.04253	0.59172
0.81516	0.04734	1.04674	0.60355
0.81937	0.04734	1.05095	0.60947
0.82358	0.05325	1.05516	0.62722
0.82779	0.05917	1.05937	0.63314
0.83200	0.06509	1.06358	0.64497
0.83621	0.07101	1.06779	0.65089
0.84042	0.07692	1.07200	0.65680
0.84463	0.08876	1.07621	0.66864
0.84884	0.09467	1.08042	0.68047
0.85305	0.10059	1.08463	0.68639
0.85726	0.11243	1.08884	0.69231
0.86147	0.11834	1.09305	0.70414
0.86568	0.13018	1.09726	0.71006
0.86989	0.13609	1.10147	0.71598
0.87411	0.14201	1.10568	0.72781
0.87832	0.15385	1.10989	0.73373
0.88253	0.15976	1.11411	0.73964
0.88674	0.17751	1.11832	0.74556
0.89095	0.18343	1.12253	0.75148
0.89516	0.18935	1.12674	0.76331
0.89937	0.20710	1.13095	0.76923
0.90358	0.21302	1.13516	0.77515
0.90779	0.22485	1.13937	0.78107
0.91200	0.23669	1.14358	0.78698

TESTE 25 (cont.)

t	F _D	t	F _D
1.14779	0.79290	1.34568	0.95266
1.15200	0.80473	1.34989	0.94675
1.15621	0.80473	1.35411	0.95266
1.16042	0.81065	1.35832	0.95858
1.16463	0.81657	1.36253	0.95858
1.16884	0.82249	1.36674	0.95858
1.17305	0.82840	1.37095	0.95858
1.17726	0.83432	1.37516	0.95858
1.18147	0.83432	1.37937	0.95858
1.18568	0.84024	1.38358	0.95858
1.18989	0.84615	1.38779	0.96450
1.19411	0.85207	1.39200	0.96450
1.19832	0.85799	1.39621	0.96450
1.20253	0.85799	1.40042	0.96450
1.20674	0.86391	1.40463	0.97041
1.21095	0.86391	1.40884	0.96450
1.21516	0.87574	1.41305	0.96450
1.21937	0.87574	1.41726	0.97041
1.22358	0.88166	1.44674	0.97633
1.22779	0.88757	1.45095	0.97041
1.23200	0.88757	1.45516	0.97633
1.23621	0.88757	1.45937	0.97041
1.24042	0.89349	1.46358	0.97633
1.24463	0.89941	1.46779	0.97633
1.24884	0.89941	1.47200	0.97633
1.25305	0.90533	1.47621	0.97633
1.25726	0.90533	1.48042	0.97633
1.26147	0.91124	1.48463	0.98225
1.26568	0.91124	1.50989	0.98817
1.26989	0.91124	1.51411	0.98817
1.27411	0.92308	1.51832	0.98225
1.27832	0.91716	1.52253	0.98817
1.28253	0.92308	1.52674	0.98817
1.28674	0.92899	1.53095	0.98225
1.30358	0.93491	1.53516	0.98817
1.30779	0.93491	1.53937	0.98817
1.31200	0.93491	1.54358	0.98817
1.31621	0.94083	1.54779	0.99408
1.32042	0.94083	1.55200	0.98817
1.32463	0.94675	1.55621	0.98817
1.32884	0.94083	1.56042	0.99408
1.33305	0.94675	1.56463	0.98817
1.33726	0.94675	1.56884	0.99408
1.34147	0.94675	1.64884	1.00000
1.34568	0.95266		

TESTE 26

t	F _D	t	F _D
0.69856	0.00543	0.93780	0.30978
0.70291	0.01087	0.94215	0.32065
0.70726	0.01087	0.94650	0.33152
0.71161	0.01087	0.95085	0.34783
0.71596	0.01087	0.95520	0.35870
0.72031	0.01087	0.95955	0.39674
0.72466	0.01087	0.96390	0.38587
0.72901	0.01087	0.96825	0.39674
0.73336	0.01630	0.97260	0.40761
0.73771	0.01630	0.97695	0.41848
0.74206	0.01630	0.98130	0.42935
0.74641	0.02174	0.98565	0.44022
0.75076	0.01630	0.99000	0.45652
0.75511	0.02174	0.99435	0.46739
0.75946	0.02174	0.99870	0.48370
0.76381	0.03261	1.00304	0.49457
0.76816	0.03261	1.00739	0.50543
0.77251	0.03261	1.01174	0.51630
0.77686	0.04348	1.01609	0.52717
0.78121	0.03804	1.02044	0.53804
0.78556	0.04348	1.02479	0.54891
0.78991	0.04891	1.02914	0.55978
0.79426	0.04891	1.03349	0.57065
0.79861	0.04891	1.03784	0.58152
0.80296	0.05978	1.04219	0.59239
0.80731	0.05978	1.04654	0.60326
0.81166	0.06522	1.05089	0.61413
0.81601	0.07065	1.05524	0.62500
0.82036	0.07609	1.05959	0.63043
0.82471	0.08152	1.06394	0.64130
0.82906	0.08696	1.06829	0.65217
0.83341	0.09239	1.07264	0.66304
0.83776	0.09783	1.07699	0.67391
0.84211	0.10326	1.08134	0.67935
0.84645	0.10870	1.08569	0.69022
0.85080	0.11413	1.09004	0.70109
0.85515	0.12500	1.09439	0.70652
0.85950	0.13043	1.09874	0.71739
0.86385	0.13587	1.10309	0.72283
0.86820	0.14674	1.10744	0.73370
0.87255	0.15217	1.11179	0.73913
0.87690	0.16304	1.11614	0.74457
0.88125	0.16848	1.12049	0.75543
0.88560	0.17391	1.12484	0.76087
0.88995	0.19022	1.12919	0.76630
0.89430	0.20109	1.13354	0.77174
0.89865	0.21196	1.13789	0.78261
0.90300	0.21196	1.14224	0.78261
0.90735	0.23370	1.14659	0.79348
0.91170	0.24457	1.15094	0.79891
0.91605	0.25000	1.15528	0.80435
0.92040	0.26630	1.15963	0.80978
0.92475	0.27174	1.16398	0.81522
0.92910	0.28804	1.16833	0.82065
0.93345	0.29891	1.17268	0.82609

TESTE 26 (cont.)

t	F _D	t	F _D
1.17703	0.83152	1.33362	0.94565
1.18138	0.83696	1.33797	0.95109
1.18573	0.83696	1.34232	0.95109
1.19008	0.84783	1.34667	0.95109
1.19443	0.84783	1.35102	0.95109
1.19878	0.85326	1.35537	0.95652
1.20313	0.86413	1.35972	0.95652
1.20748	0.86413	1.36407	0.95652
1.21183	0.86957	1.36842	0.95652
1.21618	0.87500	1.37277	0.96196
1.22053	0.87500	1.37712	0.96196
1.22488	0.88043	1.38147	0.96196
1.22923	0.88043	1.38582	0.96196
1.23358	0.89130	1.39017	0.95652
1.23793	0.89130	1.39452	0.97826
1.24228	0.89674	1.39887	0.96739
1.24663	0.89674	1.40322	0.96739
1.25098	0.90217	1.40757	0.96739
1.25533	0.90761	1.41192	0.96196
1.25968	0.90761	1.41627	0.96739
1.26403	0.91304	1.42062	0.96739
1.26838	0.91304	1.42497	0.96739
1.27273	0.91304	1.42932	0.96739
1.27708	0.91848	1.43367	0.96739
1.28143	0.92391	1.43802	0.96739
1.28578	0.92935	1.44237	0.97283
1.29013	0.92391	1.44672	0.96739
1.29448	0.92935	1.45107	0.97283
1.29883	0.93478	1.45542	0.97283
1.30318	0.93478	1.45977	0.97283
1.30753	0.93478	1.46411	0.97283
1.31187	0.94022	1.46846	0.97283
1.31622	0.94022	1.47281	0.97283
1.32057	0.94022	1.47716	0.97283
1.32492	0.94565	1.48151	0.97283
1.32927	0.94565	1.48586	0.97283
1.33362	0.94565		

TESTE 26R

t	F _D	t	F _D
0.69137	0.00541	0.89515	0.24324
0.69507	0.03784	0.89885	0.25405
0.69872	0.03784	0.90256	0.25946
0.70248	0.03243	0.90626	0.26486
0.70619	0.03784	0.90997	0.27568
0.70990	0.03784	0.91367	0.28649
0.71360	0.03784	0.91738	0.29189
0.71730	0.03784	0.92108	0.30270
0.72101	0.04324	0.92479	0.30811
0.72471	0.04324	0.92849	0.31892
0.72842	0.04324	0.93220	0.32432
0.73212	0.04324	0.93590	0.33514
0.73583	0.04324	0.93961	0.34054
0.73953	0.04865	0.94331	0.35135
0.74324	0.04865	0.94702	0.35676
0.74694	0.04865	0.95072	0.37297
0.75065	0.04865	0.95443	0.37838
0.75435	0.05405	0.95813	0.38378
0.75806	0.05405	0.96184	0.39459
0.76176	0.05946	0.96554	0.40541
0.76547	0.05946	0.96925	0.41622
0.76917	0.05946	0.97295	0.42703
0.77288	0.06486	0.97666	0.43243
0.77658	0.07027	0.98036	0.43784
0.78029	0.07027	0.98407	0.44865
0.78399	0.07568	0.98777	0.45946
0.78770	0.07568	0.99148	0.47027
0.79140	0.08108	0.99518	0.47568
0.79511	0.08649	0.99889	0.48108
0.79881	0.08649	1.00259	0.49189
0.80252	0.09189	1.00630	0.50270
0.80622	0.09730	1.01000	0.50811
0.80993	0.09730	1.01371	0.51892
0.81363	0.10270	1.01741	0.52432
0.81734	0.10811	1.02112	0.53514
0.82104	0.11351	1.02482	0.54054
0.82475	0.11892	1.02853	0.55135
0.82845	0.12432	1.03223	0.55676
0.83216	0.12973	1.03594	0.56757
0.83587	0.13514	1.03964	0.57297
0.83957	0.14054	1.04335	0.57838
0.84328	0.14595	1.04705	0.58919
0.84698	0.15135	1.05076	0.59459
0.85069	0.15676	1.05446	0.60541
0.85439	0.16216	1.05817	0.61081
0.85810	0.16757	1.06187	0.62162
0.86180	0.17297	1.06558	0.62703
0.86551	0.17838	1.06928	0.63243
0.86921	0.18378	1.07299	0.63784
0.87292	0.18919	1.07670	0.64865
0.87662	0.19459	1.08040	0.65405
0.88033	0.20000	1.08411	0.65946
0.88403	0.20541	1.08781	0.67027
0.88774	0.21081	1.09152	0.67568
0.89144	0.21622	1.09522	0.68108
	0.22162		
	0.22703		
	0.23243		

TESTE 26R (cont.)

t	F _D	t	F _D
1.09203	0.68649	1.26565	0.91351
1.10263	0.69189	1.26936	0.91892
1.10334	0.70270	1.27306	0.92432
1.11004	0.71351	1.28418	0.92973
1.11375	0.71351	1.29159	0.93514
1.11745	0.71892	1.29529	0.94054
1.12116	0.72432	1.29900	0.94054
1.12486	0.73514	1.30270	0.94595
1.12857	0.74054	1.30641	0.94595
1.13227	0.75135	1.31011	0.94595
1.13598	0.75135	1.31382	0.95135
1.13968	0.75676	1.31753	0.95135
1.14339	0.76216	1.32123	0.95135
1.14709	0.77297	1.32494	0.95135
1.15080	0.77838	1.32864	0.95676
1.15450	0.78919	1.33235	0.95676
1.15821	0.78919	1.33605	0.95676
1.16191	0.79459	1.33976	0.96216
1.16562	0.80000	1.34346	0.96216
1.16932	0.80541	1.34717	0.96757
1.17303	0.81622	1.35087	0.96757
1.17673	0.81622	1.35458	0.96757
1.18044	0.82703	1.35828	0.96757
1.18414	0.82703	1.36199	0.97297
1.18785	0.83243	1.36569	0.96216
1.19155	0.83784	1.36940	0.97838
1.19896	0.84324	1.39533	0.97838
1.20267	0.84865	1.39904	0.98378
1.20637	0.85405	1.40274	0.98378
1.21008	0.85946	1.40645	0.98378
1.21378	0.86486	1.41015	0.98378
1.21749	0.86486	1.41386	0.98919
1.22119	0.87027	1.43609	0.99459
1.22490	0.87568	1.43979	0.99459
1.22860	0.87568	1.44350	0.98919
1.23231	0.88108	1.44720	0.99459
1.23601	0.88649	1.45091	0.98919
1.23972	0.89189	1.45461	0.99459
1.24342	0.89730	1.47684	1.00000
1.24713	0.89730	1.48055	0.99459
1.25083	0.89730	1.48425	1.00000
1.25454	0.90270	1.48796	1.00000
1.25824	0.90811	1.49166	0.99459
1.26195	0.91351		
1.26565	0.91351		

TESTE 27

t	F _D	t	F _D
0.63422	0.00538	0.88321	0.16667
0.63975	0.01075	0.88773	0.17204
0.64008	0.01075	0.89226	0.18280
0.64780	0.01075	0.89679	0.19892
0.65233	0.01075	0.90131	0.20968
0.65536	0.01075	0.90584	0.22581
0.65109	0.01075	0.91037	0.23118
0.66591	0.01075	0.91489	0.24194
0.67044	0.01075	0.91942	0.25806
0.67497	0.01075	0.92395	0.26882
0.67949	0.01075	0.92847	0.27957
0.68402	0.01075	0.93300	0.29570
0.68855	0.01075	0.93753	0.30645
0.69307	0.01075	0.94206	0.32258
0.69760	0.01613	0.94658	0.33333
0.70213	0.01075	0.95111	0.34409
0.70665	0.01613	0.95564	0.35484
0.71118	0.01075	0.96016	0.37097
0.71571	0.01075	0.96469	0.38710
0.72024	0.01075	0.96922	0.39785
0.72476	0.01613	0.97374	0.40860
0.72929	0.01613	0.97827	0.42473
0.73382	0.01613	0.98280	0.44086
0.73834	0.02151	0.98732	0.45161
0.74287	0.02151	0.99185	0.46237
0.74740	0.03763	0.99638	0.47849
0.75192	0.02151	1.00091	0.48925
0.75645	0.02688	1.00543	0.50000
0.76098	0.02151	1.00996	0.51613
0.76550	0.02688	1.01449	0.52688
0.77003	0.02688	1.01901	0.53763
0.77456	0.02688	1.02354	0.54839
0.77909	0.03226	1.02807	0.56452
0.78361	0.03763	1.03259	0.57527
0.78814	0.03226	1.03712	0.58065
0.79267	0.03763	1.04165	0.59140
0.79719	0.04301	1.04617	0.60753
0.80172	0.03763	1.05070	0.61290
0.80625	0.04839	1.05523	0.62366
0.81077	0.05376	1.05976	0.63441
0.81530	0.05376	1.06428	0.64516
0.81983	0.05914	1.06881	0.65591
0.82435	0.06452	1.07334	0.66667
0.82888	0.06989	1.07786	0.67204
0.83341	0.07527	1.08239	0.68280
0.83794	0.08065	1.08692	0.68817
0.84246	0.09140	1.09144	0.69892
0.84699	0.09677	1.09597	0.70968
0.85152	0.10215	1.10050	0.71505
0.85604	0.11290	1.10502	0.72043
0.86057	0.11828	1.10955	0.73118
0.86510	0.12903	1.11408	0.73656
0.86962	0.13978	1.11861	0.74194
0.87415	0.14516	1.12313	0.74731
0.87868	0.15591	1.12766	0.75269

TESTE 27 (cont.)

t	F _D	t	F _D
1.13219	0.76344	1.32232	0.92473
1.13671	0.76882	1.32684	0.93011
1.14124	0.77419	1.33137	0.92473
1.14577	0.77957	1.33590	0.93011
1.15029	0.78495	1.34043	0.93011
1.15482	0.79570	1.34495	0.93548
1.15935	0.79570	1.34948	0.93548
1.16388	0.80108	1.35401	0.93548
1.16840	0.80645	1.35853	0.93548
1.17293	0.81183	1.36306	0.93548
1.17746	0.81720	1.36759	0.94086
1.18198	0.81720	1.37211	0.94086
1.18651	0.82796	1.37664	0.94086
1.19104	0.82796	1.38117	0.94624
1.19556	0.83333	1.38569	0.94624
1.20009	0.83871	1.39022	0.94624
1.20462	0.83871	1.39475	0.94624
1.20914	0.84409	1.39928	0.95161
1.21367	0.84409	1.40380	0.94624
1.21820	0.84946	1.40833	0.95161
1.22273	0.85484	1.41286	0.95161
1.22725	0.85484	1.41738	0.95699
1.23178	0.86022	1.42191	0.95161
1.23631	0.86559	1.42644	0.95161
1.24083	0.87097	1.43096	0.95699
1.24536	0.87634	1.43549	0.95699
1.24989	0.87634	1.44002	0.95699
1.25441	0.88172	1.44455	0.95699
1.25894	0.88172	1.44907	0.96237
1.26347	0.88710	1.45360	0.95699
1.26799	0.88710	1.45813	0.96237
1.27252	0.89247	1.46266	0.96774
1.27705	0.89247	1.46719	0.96237
1.28158	0.90323	1.47172	0.96774
1.28610	0.90323	1.47625	0.96774
1.29063	0.90323	1.48078	0.97312
1.29516	0.90860	1.48531	0.96774
1.29968	0.91398	1.48984	0.97312
1.30421	0.91398	1.49437	0.96237
1.30874	0.91935	1.49890	0.97312
1.31326	0.91935	1.50343	0.97312
1.31779	0.92473	1.50796	0.97312
1.32232	0.92473	1.51249	0.97849

TESTE 27R

t	F _D	t	F _D
0.72895	0.03763	0.90706	0.21505
0.73219	0.03763	0.91030	0.22581
0.73543	0.03763	0.91354	0.23656
0.73867	0.03763	0.91677	0.24194
0.74190	0.03763	0.92001	0.25269
0.74514	0.03226	0.92325	0.26344
0.74838	0.03226	0.92649	0.26882
0.75162	0.03763	0.92973	0.27957
0.75486	0.03763	0.93297	0.29032
0.75810	0.03763	0.93620	0.29570
0.76133	0.03763	0.93944	0.30108
0.76457	0.03763	0.94268	0.31720
0.76781	0.03763	0.94592	0.32796
0.77105	0.03763	0.94916	0.33871
0.77429	0.04301	0.95240	0.34946
0.77753	0.04301	0.95563	0.36022
0.78076	0.04301	0.95887	0.37097
0.78400	0.04301	0.96211	0.38172
0.78724	0.04301	0.96535	0.39785
0.79048	0.04839	0.96859	0.39785
0.79372	0.04839	0.97183	0.40323
0.79696	0.05376	0.97506	0.41398
0.80019	0.04839	0.97830	0.42473
0.80343	0.05376	0.98154	0.43011
0.80667	0.05376	0.98478	0.44086
0.80991	0.05914	0.98802	0.45161
0.81315	0.05914	0.99126	0.45699
0.81639	0.06452	0.99449	0.46774
0.81962	0.06452	0.99773	0.47312
0.82286	0.06989	1.00097	0.48387
0.82610	0.07527	1.00421	0.49462
0.82934	0.07527	1.00745	0.50538
0.83258	0.08065	1.01069	0.51613
0.83582	0.08602	1.01392	0.52151
0.83905	0.08602	1.01716	0.52688
0.84229	0.09140	1.02040	0.54301
0.84553	0.10215	1.02364	0.55376
0.84877	0.10215	1.02688	0.55914
0.85201	0.10753	1.03012	0.56989
0.85525	0.11290	1.03335	0.57527
0.85848	0.11828	1.03659	0.58602
0.86172	0.12366	1.03983	0.59677
0.86496	0.12903	1.04307	0.60753
0.86820	0.13441	1.04631	0.60753
0.87144	0.13978	1.04955	0.61290
0.87468	0.15054	1.05278	0.62366
0.87791	0.15054	1.05602	0.63441
0.88115	0.16129	1.05926	0.63441
0.88439	0.16667	1.06250	0.65054
0.88763	0.17204	1.06574	0.65591
0.89087	0.17742	1.06898	0.66129
0.89411	0.18817	1.07222	0.66667
0.89734	0.19355	1.07545	0.67742
0.90058	0.20430	1.07869	0.68280
0.90382	0.20968	1.08193	0.69355

TESTE 27R (cont.)

t	F _D	t	F _D
1.08517	0.69892	1.22442	0.92473
1.08841	0.71505	1.22766	0.93011
1.09165	0.70968	1.23089	0.93548
1.09488	0.71505	1.23413	0.93548
1.09812	0.72581	1.23737	0.93548
1.10135	0.73118	1.24061	0.93548
1.10460	0.73656	1.24385	0.94086
1.10784	0.74194	1.24709	0.94624
1.11108	0.74731	1.25032	0.94624
1.11431	0.75806	1.25356	0.94624
1.11755	0.76882	1.25680	0.95161
1.12079	0.76882	1.26004	0.95161
1.12403	0.77419	1.26328	0.95161
1.12727	0.77957	1.26652	0.95699
1.13051	0.78495	1.26975	0.95699
1.13374	0.79032	1.27299	0.96237
1.13698	0.79570	1.27623	0.95699
1.14022	0.80108	1.27947	0.96237
1.14346	0.80645	1.28271	0.96237
1.14670	0.81183	1.28595	0.96774
1.14994	0.82258	1.28918	0.96774
1.15317	0.82258	1.29242	0.96774
1.15641	0.82796	1.29566	0.97312
1.15965	0.83333	1.29890	0.96774
1.16289	0.83871	1.30214	0.97312
1.16613	0.83871	1.30538	0.97849
1.16937	0.84409	1.32481	0.98387
1.17260	0.84946	1.32804	0.98387
1.17584	0.85484	1.33128	0.98387
1.17908	0.86022	1.33452	0.97312
1.18232	0.86022	1.33776	0.98387
1.18556	0.86559	1.34100	0.98925
1.18880	0.86559	1.36367	0.99462
1.19203	0.87634	1.36690	0.99462
1.19527	0.88172	1.37014	0.99462
1.19851	0.88172	1.37338	0.99462
1.20175	0.88710	1.37662	0.99462
1.20499	0.89247	1.37986	0.99462
1.20823	0.90323	1.38310	1.00000
1.21146	0.90323	1.38633	0.99462
1.21470	0.90860	1.38957	1.00000
1.21794	0.91398	1.39281	1.00000
1.22118	0.92473	1.39605	0.99462
1.22442	0.92473		

TESTE 29

t	F _D	t	F _D
0.70495	0.00562	0.98571	0.44382
0.71006	0.00000	0.99081	0.46067
0.71516	0.00000	0.99592	0.47753
0.72027	0.00000	1.00102	0.48876
0.72537	0.00562	1.00613	0.50000
0.73047	0.00000	1.01123	0.51685
0.73558	0.00562	1.01633	0.52809
0.74068	0.00000	1.02144	0.54494
0.74579	0.00562	1.02654	0.56180
0.75089	0.00562	1.03165	0.57303
0.75600	0.00562	1.03675	0.58427
0.76110	0.00562	1.04186	0.60112
0.76621	0.01124	1.04696	0.61798
0.77131	0.01124	1.05207	0.62921
0.77642	0.01685	1.05717	0.64045
0.78152	0.01685	1.06228	0.65169
0.78663	0.02247	1.06738	0.66854
0.79173	0.02247	1.07249	0.67978
0.79684	0.02809	1.07759	0.69101
0.80194	0.03371	1.08270	0.70225
0.80704	0.03933	1.08780	0.71348
0.81215	0.04494	1.09290	0.72472
0.81725	0.05056	1.09801	0.73034
0.82236	0.05618	1.10311	0.74157
0.82746	0.06180	1.10822	0.75281
0.83257	0.06742	1.11332	0.76404
0.83767	0.07305	1.11843	0.76966
0.84278	0.08427	1.12353	0.78090
0.84788	0.09551	1.12864	0.79213
0.85299	0.10112	1.13374	0.79775
0.85809	0.11236	1.13885	0.80899
0.86320	0.12360	1.14395	0.81461
0.86830	0.12921	1.14906	0.82022
0.87340	0.14045	1.15416	0.82584
0.87851	0.15169	1.15926	0.83708
0.88361	0.16292	1.16437	0.84270
0.88872	0.17978	1.16947	0.84831
0.89382	0.19101	1.17458	0.85393
0.89893	0.20225	1.17968	0.86517
0.90403	0.21348	1.18479	0.86517
0.90914	0.22472	1.18989	0.87640
0.91424	0.24157	1.19500	0.87640
0.91935	0.25281	1.20010	0.88202
0.92445	0.26966	1.20521	0.88764
0.92956	0.28652	1.21031	0.89326
0.93466	0.29775	1.21542	0.89888
0.93977	0.30899	1.22052	0.89888
0.94487	0.32584	1.22563	0.90449
0.94997	0.34270	1.23073	0.91011
0.95508	0.35393	1.23583	0.91573
0.96018	0.37079	1.24094	0.92135
0.96529	0.38202	1.24604	0.91573
0.97039	0.39888	1.25115	0.92697
0.97550	0.41573	1.25625	0.92697
0.98060	0.42697	1.26136	0.92697

TESTE 29 (cont.)

t	F _D	t	F _D
1.26646	0.93820	1.45533	0.98315
1.27157	0.93820	1.46044	0.98315
1.27667	0.93820	1.46554	0.98315
1.28178	0.93820	1.47065	0.98876
1.28689	0.94382	1.47575	0.98876
1.29199	0.94944	1.48086	0.98876
1.29709	0.94944	1.48596	0.98876
1.30219	0.94944	1.49107	0.98876
1.30730	0.95506	1.49617	0.98876
1.31240	0.95506	1.50128	0.98876
1.31751	0.95506	1.50638	0.98876
1.32261	0.96067	1.51149	0.98876
1.32772	0.96067	1.51659	0.98876
1.33282	0.96629	1.52169	0.98876
1.33793	0.96629	1.52680	0.99438
1.34303	0.96629	1.53190	0.99438
1.34814	0.96629	1.53701	0.99438
1.35324	0.96629	1.54211	0.99438
1.35835	0.96629	1.54722	0.98876
1.36345	0.96629	1.55232	0.99438
1.36856	0.96629	1.55743	0.99438
1.37366	0.97191	1.56253	0.99438
1.37876	0.97191	1.56764	0.99438
1.38387	0.97753	1.57274	0.99438
1.38897	0.97753	1.57785	0.99438
1.39408	0.97753	1.58295	0.99438
1.39918	0.97753	1.58806	0.99438
1.40429	0.97753	1.59316	0.99438
1.40939	0.98315	1.59826	0.99438
1.41450	0.97753	1.60337	0.99438
1.41960	0.97753	1.60847	0.99438
1.42471	0.97753	1.61358	0.99438
1.42981	0.98315	1.61868	0.98876
1.43492	0.98315	1.62379	0.99438
1.44002	0.98315	1.62889	0.99438
1.44513	0.98315	1.63400	0.99438
1.45023	0.98315	1.63910	1.00000
1.45533	0.98315		

TESTE 30

t	F _D	t	F _D
0.66484	0.01111	0.93956	0.32778
0.66083	0.01111	0.94456	0.33889
0.67183	0.01111	0.94955	0.35000
0.67982	0.01667	0.95455	0.36111
0.68482	0.01667	0.95954	0.37778
0.69981	0.01667	0.96454	0.38889
0.69481	0.01667	0.96953	0.40556
0.69980	0.01667	0.97453	0.41667
0.70480	0.01667	0.97952	0.42778
0.70979	0.01667	0.98452	0.44444
0.71479	0.01667	0.98951	0.45556
0.71978	0.02222	0.99451	0.47222
0.72478	0.02222	0.99950	0.48333
0.72977	0.02222	1.00450	0.49444
0.73477	0.02778	1.00949	0.51111
0.73976	0.02778	1.01449	0.52222
0.74476	0.02778	1.01948	0.53889
0.74975	0.03333	1.02448	0.54444
0.75475	0.03333	1.02947	0.56111
0.75974	0.03333	1.03447	0.57222
0.76474	0.03889	1.03946	0.61667
0.76973	0.03889	1.04446	0.59444
0.77473	0.04444	1.04945	0.60556
0.77972	0.04444	1.05445	0.61667
0.78472	0.05000	1.05944	0.62778
0.78971	0.05000	1.06444	0.64444
0.79471	0.05556	1.06943	0.65000
0.79970	0.06111	1.07443	0.66111
0.80470	0.06667	1.07942	0.67222
0.80969	0.06667	1.08442	0.68333
0.81469	0.07778	1.08941	0.69444
0.81968	0.07778	1.09441	0.70000
0.82468	0.08889	1.09940	0.71111
0.82967	0.09444	1.10440	0.72222
0.83467	0.10000	1.10939	0.73333
0.83966	0.10556	1.11439	0.73889
0.84466	0.11667	1.11938	0.74444
0.84965	0.12778	1.12438	0.75556
0.85465	0.13333	1.12937	0.76667
0.85964	0.14444	1.13437	0.77222
0.86464	0.15556	1.13936	0.77778
0.86963	0.16111	1.14436	0.78333
0.87463	0.17222	1.14935	0.79444
0.87962	0.18333	1.15435	0.80000
0.88462	0.18889	1.15934	0.80556
0.88961	0.20000	1.16434	0.81111
0.89461	0.21111	1.16933	0.82222
0.89960	0.22222	1.17433	0.82778
0.90460	0.23889	1.17932	0.83333
0.90959	0.25000	1.18432	0.83889
0.91459	0.26111	1.18931	0.84444
0.91958	0.27222	1.19431	0.85000
0.92458	0.28333	1.19930	0.85556
0.92957	0.30000	1.20430	0.86111
0.93457	0.31111	1.20929	0.86667

TESTE 30 (cont.)

t	F _D	t	F _D
1.21429	0.87222		
1.21928	0.87222		
1.22428	0.87778		
1.22927	0.88333		
1.23427	0.88889		
1.23926	0.89444		
1.24426	0.90000		
1.24925	0.90556		
1.25425	0.91111		
1.25924	0.91667		
1.26424	0.91667		
1.26923	0.91667		
1.27423	0.92222		
1.27922	0.92778		
1.28422	0.92778		
1.28921	0.93333		
1.29421	0.93333		
1.29920	0.93889		
1.30420	0.94444		
1.30919	0.94444		
1.31419	0.95000		
1.31918	0.95000		
1.32418	0.95556		
1.32917	0.95556		
1.33417	0.95556		
1.33916	0.96111		
1.34416	0.96111		
1.34915	0.96667		
1.35415	0.96667		
1.35914	0.97222		
1.36414	0.97222		
1.36913	0.97222		
1.37413	0.97222		
1.37912	0.97778		
1.38412	0.97778		
1.38911	0.97778		
1.39411	0.97778		
1.39910	0.98333		
1.40410	0.98333		
1.40909	0.98333		
1.41409	0.98889		
1.41908	0.98889		
1.42408	0.98889		
1.42907	0.99444		
1.43407	0.99444		
1.43906	0.99444		
1.44406	0.99444		
1.44905	1.00000		

APÉNDICE F

```

<$R->      <Range checking off>
<$B+>      <Boolean complete evaluation on>
<$S+>      <Stack checking on>
<$I+>      <I/O checking on>
<$N+>      <No numeric coprocessor>
<$M 65500,16384,655360> <Turbo 9 default stack and heap>

```

```

program Tosa;

```

```

Uses

```

```

  Crt,
  Dos,
  Printer,
  Turbo9,
  Graph;

```

```

type

```

```

  TpParmCAD = record      (* Parametros da placa *)
    JustEq : boolean;    (* Justificacao *)
    NumBits,              (* Bits de Resolucao A/D *)
    OfcByteA,            (* Off-set do byte A *)
    OfcByteB,            (* Off-set do byte B *)
    OfcSelCn,            (* Off-set do seletor de canal *)
    ConvStat: byte;      (* Verificacao de termino de conversao*)
  end;
  vetor_apline = array[1..68] of real;
  vetor2 = array[1..200,1..2] of real;

```

```

const

```

```

  NmIntr      = 2;
  MascInt     = $21;
  LimpaRegint= $20;
  DatSeg      : integer = 0;
  Versao     = 10169;
  Pi         = 3.14159;

```

```

  ParmCad : TpParmCAD =
    (JustEq :false;
     NumBits : 10;
     OfcByteA: 4;
     OfcByteB: 5;
     OfcSelCn: 7;
     ConvStat: $10
    );

```

```

var

```

```

  I,J,K      : integer;
  Aux1,Aux2,Aux3,Aux4,Aux5: real;
  Auxiliar: vetor2;
  Ch         : char;
  Consaida: real;
  Conpadrao: real;
  Distancia: real;
  Saiu: real;

```



```

VpInjetado,Vazao,Vporoso,Vapo: real;
Erf,Erf_1,Derivadas: vetor_spline;
GraphDriver,GraphMode: integer;
Inf,Sup: integer;
DriveC: array(1..10000) of integer;
Leitura:integer;
LogC: array(1..20) of real;
N=mostroa,Nealibra,Npontos: integer;
Nome: string(81);
Pa,f,a,Pa,Pot: real;
Titulo: string(80);
VoltDigi:array(1..20) of integer;
x1,y1,x2,y2: real;
xtmin,ytmin,xtmax,ytmax: integer;
xmin,ymin,xmax,ymax: real;

```

```

PreEscal, (* Pre-escaler: "aumenta" intervalo entre IRQs *)
PreEscAux: integer;
MascPC : byte; (* Mascara de interrupcoes em uso pelo PC. *)
Semaforo1,Fim : boolean;
EndPlaca, (* Endereco base *)
SelCh, (* Seletor de canal *)
ByteA, (* Byte A. Vide manual*)
ByteB : integer; (* Byte B. Vide manual*)
Regs,regtime: registers;
hr,min,seg,cents: word;
hora,minuto,segundo,centesimo: string(2);
tempo: string(11);

```

(*-----*)

```

Procedure selet_tela(x1,y1,x2,y2: integer);
begin
  xtmin:=x1;      ytmin:=y1;
  xtmax:=x2;      ytmax:=y2;
end;

```

(*-----*)

```

Procedure selet_coor(x1,y1,x2,y2: real);
begin
  xmin:=x1;      ymin:=y1;
  xmax:=x2;      ymax:=y2;
end;

```

(*-----*)

```

Procedure Drawpoint(X,Y:real);
var
  xx,yy:integer;

begin
  xx:=round((xtmax-(xmax-x)*(xtmax-xtmin)/(xmax-xmin));
  yy:=round((ytmin-(ytmin-ytmax)*(ymax-y)/(ymax-ymin));

```

```

    Putpixel(xx,yy,1);
end;

(*-----*)

Procedure desenha_linha(x1,y1,x2,y2: real);
var
    xx1,yy1,xx2,yy2:integer;

begin
    xx1:=round(xtmax-(xmax-x1)*(xtmax-xtmin)/(xmax-xmin));
    yy1:=round(ytmin-(ytmin-ytmax)*(ymax-y1)/(ymax-ymin));
    xx2:=round(xtmax-(xmax-x2)*(xtmax-xtmin)/(xmax-xmin));
    yy2:=round(ytmin-(ytmin-ytmax)*(ymax-y2)/(ymax-ymin));
    line(xx1,yy1,xx2,yy2);
end;

(*-----*)

function linear(x:integer):real;
var
    I: integer;
    achar: boolean;
begin
    I:=Nealibra;
    achar:= false;
    while not achar do
        begin
            if (VoltDigit(I)<x) then
                achar:=true
            else
                I:=pred(I)
            end;
        linear:=(LogC(I+1)-LogC(I))*(x-VoltDigit(I))/
                (VoltDigit(I+1)-VoltDigit(I))
    end;

end;

(*-----*)

Procedure Leia( var Numero: real);
var
    ch:char;
    fim:boolean;
    valor:string[6];
    code:integer;
begin
    fim:=false;
    valor:='';
    while not fim do
        begin
            ch:=readkey;
            if ch=#0 then fim:=true
            else if (ch='0') or (ch='1') or (ch='2') or (ch='3') or
                (ch='4') or(ch='5') or (ch='6') or (ch='7') or (ch='8')
                or (ch='9') or (ch='.') then valor:=valor+ch;
            end;
        end;
end;

```

```

    val(valor,numero,code);
end;

(*-----*)

Procedure THOMAS(A,B,C,D: vetor_spline; N: integer;
                var X: vetor_spline);

var
    G: real;
    E,F: vetor_spline;
    I: integer;
Begin
    F(1):= D(1)/B(1);
    E(1):= C(1)/B(1);
    For I:=2 to N do
        begin
            G:=B(I)-A(I)*E(I-1);
            F(I):=(D(I)-A(I)*F(I-1))/G;
            E(I):=C(I)/G
        end;
    X(N):=F(N);
    I:=N-1;
    Repeat
        X(I):=F(I)-E(I)*X(I+1);
        I:=I-1
    until I=0;
End;

(*-----*)

Procedure MATSPLINE(X,Y: vetor_spline; N: integer;
                  var K: vetor_spline);

var
    I: integer;
    A,B,C,D,E,H: vetor_spline;
Begin
    for I:=2 to N do
        begin
            H(I):=X(I)-X(I-1);
            D(I):=(Y(I)-Y(I-1))/H(I)
        end;
    A(1):=0; B(1):=2; C(1):=4; E(1):=3*D(2);
    A(N):=4; B(N):=2; C(N):=0; E(N):=3*D(N);
    for I:=2 to N-1 do
        begin
            A(I):=H(I+1);
            B(I):=2*(H(I)+H(I+1));
            C(I):=H(I);
            E(I):=3*(H(I)*D(I+1)+H(I+1)*D(I+1))
        end;
    THOMAS(A,B,C,E,N,K)
End;

(*-----*)

```

```

Procedure SPLINE(X,Y,K: vetor_spline; XI: real; var S: real);
var
  HI,DI,T: real;
  KLO,KHI,I: integer;
Begin
  KLO:=1; KHI:=68;
  while (KHI-KLO>1) do
    begin
      I:=(KHI+KLO) div 2;
      if (XII>XI) then KHI:=I else KLO:=I;
    end;
  HI:=(X(KHI)-X(KLO))/HI;
  DI:=(Y(KHI)-Y(KLO))/HI;
  T:=(XI-X(KLO))/HI;
  S:=T*Y(KHI)+(1-T)*Y(KLO)+HI*T*(1-T)*((X(KLO)-DI)*(1-T)
                                                    -(X(KHI)-DI)*T)
End;

```

(*-----*)

```

Procedure ApagaTudo(x1,y1,x2,y2:integer);
begin
  setviewport(x1,y1,x2,y2,true);
  clearviewport;
  setviewport(0,0,630,100,true);
end;

```

(*-----*)

```

procedure Ajusta_Reta(x:vetor2; n:integer; var b,a:real);
var
  i: integer;
  t,ay,axoss,ax,at2,ss: real;
begin
  ax:=0.0; ay:=0.0; at2:=0.0; b:=0.0;
  for i:=1 to n do
    begin
      ax:=ax+x(i,1);
      ay:=ay+x(i,2)
    end;
  ss:= n;
  axoss:=ax/ss;
  for i:=1 to n do
    begin
      t:=x(i,1)-axoss;
      at2:=at2+t*t;
      b:=b+t*x(i,2)
    end;
  b:=b/at2;
  a:=(ay-ax*b)/ss
end;

```

(*-----*)

```

Procedure Limitea;
var
  i,j,step: integer;
  liminf,limsup: real;
begin
  outtextxy(483,25,'Limite inferior?');
  leia(liminf);
  outtextxy(483,34,'Limite superior?');
  leia(limsup);
  ApagaTudo(483,25,611,42);
  inf:=round(liminf*60/vapo);
  sup:=round(limsup*60/vapo);
  if sup>nameostras then sup:=nameostras;
  if (sup-inf)>200 then step:=round((sup-inf)/200)
  else step:=1;
  i:=inf-step;
  j:=0;
  while i<sup do
    begin
      i:=i+step;
      if (DriveC(i)>VoltDigi(1)) and
          (DriveC(i)<VoltDigi(Ncalibra)) then
        Consaida:=linear(DriveC(i))
      else if (DriveC(i)<=VoltDigi(1)) then
        Consaida:=0.0
      else
        Consaida:=1/Conpadrao;
        aux1:=2*consaida*conpadrao-1;
        if (abs(Aux1)<Erf(68)) then
          begin
            j:=succ(j);
            if Aux1<0 then Aux4:=-Aux1
            else Aux4:=Aux1;
            Spline(Erf,Erf_1,Derivadas,Aux4,Aux9);
            if Aux1<0 then Aux2:=-Aux9
            else Aux2:=Aux9;
            VpInjetado:=vapo*i/60;
            Aux3:=sqrt(VpInjetado)*Aux2;
            if (abs(Aux9)<1.0E-15) then Aux9:=0.0;
            Auxiliar(j,1):=VpInjetado;
            Auxiliar(j,2):=Aux9;
          end;
        end;
      if j= 200 then Npontos:=200 else Npontos:=j;
    end;
end;

```

(*-----*)

```

Procedure Curto_tempo;
var
  cadeia: string[7];
  Mc,Y0,x1,y1,x2,y2: real;
begin
  Ajusta_Reta(Auxiliar,Npontos,Mc,Y0);
  Pe:=-4*Mc*Y0;
  f:=Pe/(4*sqr(Mc));

```

```

str(Pe:7:2,cadeia);
outtextxy(514,100,cadeia);
str(f:5:2,cadeia);
outtextxy(506,110,cadeia);
x1:=(-Erf_1(GB1-Y0)/Mc;
x2:=(Erf_1(GB1-Y0)/Mc;
y1:=-Erf_1(GB1);
y2:=Erf_1(GB1);
selet_tela(0,100,470,100);
selet_coor(0,-Erf_1(GB1),Erf_1(GB1));
desenha_linha(x1,y1,x2,y2);
end;

(*-----*)

Procedure Longo_tempo;
var
cadeia: string(6);
Mi,Y0,x1,y1,x2,y2: real;
begin
Ajusta_Rota(Auxiliar,Npontos,Mi,Y0);
aux3:=1/(4*sqrt(Mi))-1/Pe;
a:=sqrt(1-f)/aux3;
Pes:=15*aux3/(1-f);
Pet:=3*aux3/(1-f);
str(a:5:2,cadeia);
outtextxy(506,120,cadeia);
str(Pes:6:2,cadeia);
outtextxy(522,130,cadeia);
str(Pet:6:2,cadeia);
outtextxy(522,140,cadeia);
x1:=(-Erf_1(GB1-Y0)/Mi;
x2:=(Erf_1(GB1-Y0)/Mi;
y1:=-Erf_1(GB1);
y2:=Erf_1(GB1);
selet_tela(0,100,470,100);
selet_coor(0,-Erf_1(GB1),Erf_1(GB1));
desenha_linha(x1,y1,x2,y2);
end;

(*-----*)

procedure ProgTimer(canal,modo:integer;contagem:word);
var
PalavraControle:integer;
begin
PalavraControle := canal*64 + 48 + modo* 2;
Port(EndPlaca+3):= PalavraControle;
Port(EndPlaca+canal):= Lo(contagem);
Port(EndPlaca+canal):= Contagem div 256;
end;

(*-----*)

procedure TrataInt(Flags,CS,IP,AX,BX,CX,DX,SI,DI,DS,ES,HP:word);
interrupt;

```

```

begin

with ParmCAD do (* abaixa o pedido de interrupcao na placa *)
begin
  Port{SolCnt:= $F0; (* CAD10/16 *)
  I:= Port{ByteA1; (* CAD10/26 *)
end;
if semaforo1 then
if PreEscal>1 then
  PreEscal:= pred(PreEscal)
else
begin
  PreEscal:= PreEscAux;
  Namostras:= succ(Namostras);
  with ParmCad do
  begin
    Port{SolCnt:= $F0;
    repeat until ((Port{ByteB} and ConvStat)=0);
    Leitura:=(Port{ByteB} and $03)*256+Port{ByteA1;
  end;
  DriveC{Namostras:=Leitura;
end;

inline(
$B0/NmIntr+$60 (* MOV AL,NmIntr+$60 *)
/$E6/LimpaRegInt (* OUT LimpaRegInt,AL*)
/$FB (* STI *)
);
end;

(*-----*)

procedure Inicia_grafico;
begin
  settxtstyle(0,0,1);
  OutTextxy(150,0,'Concentracao na saida');
  OutTextxy(120,100,'sqrt(Vpi)*erf-1(2*C-1) x Vpi');
  OutTextxy(482,1,'Teste em andamento');
  OutTextxy(482,9,'Inicio do teste');
  OutTextxy(482,99,'Param. Estimados');
  OutTextxy(482,109,'Pe=');
  OutTextxy(482,119,'f=');
  OutTextxy(482,129,'a=');
  OutTextxy(482,139,'Poa=');
  OutTextxy(482,149,'Pet=');
  rectangle(0,9,479,99);
  rectangle(0,109,479,199);
  selet_tela(0,9,479,99);
  selet_coor(0,0,3,1.1);
  setlinestyle(1,0,1);
  y1:=0.0;
  y2:=1.1;
  x1:=0.0;
  for i:=1 to 5 do
  begin
    x1:=x1+0.5; x2:=x1;
  end;
end;

```

```

        desenha_linha(x1,y1,x2,y2);
    end;
    sele_tela(0,100,470,100);
    sele_coor(0,-Erf_1(68),3,Erf_1(68));
    y1:=-Erf_1(68);
    y2:=Erf_1(68);
    x1:=0;
    for i:=1 to 5 do
        begin
            x1:=x1+0.5; x2:=x1;
            desenha_linha(x1,y1,x2,y2);
        end;
    end;
end;

(*-----*)

procedure Inicia_Tudo;
var
    L,C: integer;
    Erfdat,Calibracao: text;
begin
    clrscr;
    writeln;
    writeln(' AUTOMACAO DE TESTES DE DESLOCAMENTO MISCIVEL');
    writeln(' Programa feito por Ricardo Cunha Mattos Portella');
    writeln(' (C) 1988');
    writeln(' UNICAMP/PETROBRAS');
    writeln;
    writeln;
    writeln('tecle algo para continuar');
    Ch:=Readkey;
    clrscr;
    writeln('Comandos:');
    writeln('      F1- Inicia coleta de dados');
    writeln('      F5- Determinacao da reta de curto tempo');
    writeln('      F6- Determinacao da reta de longo tempo');
    writeln('      F10- Termina a coleta de dados');
    writeln;
    writeln;
    writeln('tecle algo para continuar');
    repeat until keypressed;
    assign(Erfdat,'B:erfi.dat');
    reset(Erfdat);
    assign(Calibracao,'B:calibra.dat');
    reset(Calibracao);
    clrscr;
    Ch:=Readkey;
    writeln('Qual o titulo do teste?');
    readln(Titulo);
    writeln('Qual o volume poroso do testemunho?');
    readln(Vporoso);
    writeln('Qual a vazao de injecao?');
    readln(vazao);
    Vapo:=vazao/Vporoso;
    writeln('Qual a concentracao de entrada?');
    readln(conpadrao);

```



```

conpadrao:=1/conpadrao;
for I:=1 to 68 do
  readln(Erfdat,Erf(I),Erf_1(I));
close(Erfdat);
MatSpline(Erf,Erf_1,68,Derivadas);
I:=0;
while not eof(Calibracao) do
  begin
    I:=succ(I);
    readln(Calibracao,LogG(I),VoltDigi(I));
  end;
Nealibra:=I;
EndPlaca:= $2D0;
with ParmCAD do
begin
  ByteA:= EndPlaca + OfcByteA;
  ByteB:= EndPlaca + OfcByteB;
  SelCn:= EndPlaca + OfcSelCn;
  Port(ByteB):= 100; (* inicia D/A, so' para CAD10/26 *)
  Port(ByteA):= 135;
  Port(SelCn-1):= 0; (* inibe DMA, so' para CAD10/26 *)
  ProgTimer(0,4,$FFFF);
  ProgTimer(1,4,$FFFF);
  ProgTimer(2,4,$FFFF);
  JustEsq:= false;
end;
ProgTimer(0,2,$0100);
PreEscAux:=4690; (* valor para 1 coleta por segundo *)
PreEscal := PreEscAux;

(*----- inicia vetor de Interrupcao -----*)

with Regs do
begin
  AL:= NmIntr+B;
  AH:= $25;
  DS:= CSeg;
  DX:= Ofc(TrataInt);
  MSDOS(Dos. Registers(Regs));
end;
Namostrae:=0; Pe:=0.0;
Npontos:=0; f:=0.0;
          a:=0.0;
          Pea:=0.0;
VpInjetado:=0.0; Pot:=0.0;
          GraphDriver:=CGA;
          GraphMode:=CGAHi;

Semaforo:=false;
end;

(*-----*)

procedure Balaacreve;
var
  Entroureal;
  i,tempo:real;

```

```

Arquivo: string(14);
Estimativas: text;
begin
  Arquivo:='b:'+nome+'. par';
  assign(Estimativas,Arquivo);
  rewrite(Estimativas);
  Conpadrao:=1/Conpadrao;
  writeln(Estimativas,Titulo);
  writeln(Estimativas,'Volume porosa da amostra(cm3): ',
                                                    Vporosa:6:2);

  writeln(Estimativas,'Vazao(cm3/min): ',Vazao:4:2);
  writeln(Estimativas);
  writeln(Estimativas,'Matriz de calibracao do Phmetro:');
  writeln(Estimativas);
  writeln(Estimativas,'Concentracao(ppm) ',' ',
                                                    'Leitura Digital');

  I:=1;
  repeat
    begin
      writeln(Estimativas,' ',LogCII:10:2,' ',
                                                    VoltDigi(I:4);

      I:=succ(I)
    end
  until I>Ncalibra;
  writeln(Estimativas);
  writeln(Estimativas,'Parametros Estimados:');
  writeln(Estimativas,'Pe- ',Pe);
  writeln(Estimativas,'f- ',f);
  writeln(Estimativas,'a- ',a);
  writeln(Estimativas,'Pes- ',Pes);
  writeln(Estimativas,'Pet- ',Pet);
  close(Estimativas);
end;

```

<*****>

Procedure Salva_Heap;

```

var
  ArqBom,DiscoCheio: boolean;
  I,J: integer;
  Saida: file of integer;
  Arquivo: string(14);
  Mensagem: string(80);
begin
  clrscr;
  for i:=1 to 2000 do j:=0;
  writeln('Qual o nome do arquivo de dados?');
  readln(nome);
  Arquivo:='b:'+nome+'. bin';
  writeln('Coleque o disco de dados no Drive B e tecla algo');
  repeat until keypressed;
  assign(Saida,Arquivo);
  repeat
  repeat
  (I-) rewrite(Saida); (I+)
    ArqBom:=(IOresult=0);

```

```

if not ArqBom then
  begin
    Mensagem:='Nao conseguiu abrir o arquivo!!Verifique
                                                    e tecle algo';
    for J:=1 to 10 do
      writeln(Mensagem);
      readln;
    end;
until ArqBom;
I:=0;
repeat
  I:=succ(I);
  <I-> write(Saida,DriveC[I]); <I+>
  DiscoCheio:=(IOresult=104);
  if DiscoCheio then
    begin
      for J:=1 to 10 do
        writeln('Disco cheio!!! Troque e tecle algo');
        readln;
      end;
    until (I=Namostras) or (DiscoCheio);
  until not DiscoCheio;
  close(Saida);
end;

```

<*****>

```

begin
  Inicia_Tudo;
  Initgraph(GraphDriver,GraphMode,'B:\');
  Inicia_grafico;
  MascPC:= Port(MascInt);    (* salve Mascara de Interrupcoes *)
  Port(MascInt):= MascPC and $FB;  (* habilite interrupcao 2 *)
  Port(SelCnt):= 0;    (* abaixa FF de interrupcao se CAD10/16 *)
  I:= Port(ByteA);    (* abaixa FF de interrupcao se CAD10/26 *)
                        (* limpa registrador de interrupcao do PC/XT *)
  Port(LimpaRegInt):= $62;
  Fim:= False;
  while not Fim do
    begin
      if (Leitura>VoltDigit1) and (Leitura<VoltDigitNcalibra)
                                                    then
        Consaida:=linear(Leitura)
      else if (Leitura<=VoltDigit1) then
        Consaida:=0.0
      else
        Consaida:=1/Conpadrao;
        VpInjetado:=Vapo*Namostras/60;
        goto _tela(0,0,470,00);
        goto _coord(0,0,9,1.4);
        aravpoint(VpInjetado,Consaida*Conpadrao);
        Aux1:=2*(Consaida*Conpadrao)-1;
        if (abs(Aux1)<Erf(68)) then
          begin
            if Aux1<0 then Aux1:=-Aux1

```

```

else Aux4:=Aux1;
Spline(Erf,Erf_1,Derivadas,Aux4,Aux9);
if Aux1<0 then Aux2:=-Aux3
else Aux2:=Aux3;
Aux3:=sqrt(VpInjetado)*Aux2;
selet_tela(0,100,470,100);
selet_coor(0,-Erf_1(68),9,Erf_1(68));
drawpoint(VpInjetado,Aux9);
end;
if KeyPressed then
begin
read(Kbd,Ch);
if (Ch=#27) and KeyPressed then
begin
read(Kbd,Ch);
case Ch of
#50,#84: begin
GetTime(hr,min,seg,cents);
str(hr:2,hora);
str(min:2,minuto);
str(seg:2,segundo);
str(cents:2,centesimo);
tempo:=hora+':'+'+minuto+':'+'+
segundo+'.'+'+
centesimo;
outtextxy(483,18,tempo);
Semaforo1:=true;
end;
#68,#09: begin
ApagaTudo(482,1,626,9);
OutTextxy(482,1,
'Tem certeza?(S/N)?);
Ch:=Readkey;
if (Ch='S') or (Ch='s') then
Fim:=true
else
begin
ApagaTudo(482,1,626,9);
OutTextxy(482,1,'Teste
em andamento');
end;
end;
#03,#88: begin
Limites;
Curto_tempo;
end;
#04,#89: begin
if (Pe<0.0) then
begin
Limites;
Longo_tempo;
end;
end;
end;
end;
end;

```

```

end;
Port(MascInt):= MascPC or $04;(* restaura mascara de
                                     Interrupcoes *)
ProgTimer(0,4,$FFFF);          (* "desativa" Timer: modo 4 *)
CloseGraph;
clrscr;
writeln('Numero de pontos amostrados=',Namostras);
Salva_Heap;
Balecreve;
writeln;
writeln;
writeln('Fim do teste')
end.

```

APÊNDICE G

\$STORAGE:2

```
Program Ajusta
implicit real*8 (A-H,O-Z)
real*4 TC,FC,TT,U,TERF,ME,MI,YO,ML,aa,YCALC
dimension FD(100),T(100),YCALC(100),X(68),Y(68),YSPLINE(68
&),TERF(100),TT(100),SIG(100),TC(100),FC(100)
character*14 ENTRADA,SAIDA
LOGICAL SETTIM
common /BLOC01/ ICS,MODELO,IOUT,ISEL,PI,SLUG
common /BLOC02/ N,T,FD,YCALC
common /BLOC04/ TC,FC,NN
common /INCLINA/ ME,MI,YO
common /FINAL/ SIG
call qsmode(9)
write(*,150)
read(*,160) ENTRADA
write(*,170)
read(*,160) SAIDA
IN2=10
IOUT=7
open(IN2,FILE=ENTRADA,STATUS='OLD')
open(IOUT,FILE=SAIDA,STATUS='UNKNOWN')
MI=-99.0
N=0
10 N=N+1
if (N. gt. 200) call ERRO1
read(IN2,140,end=20) T(N),FD(N)
SIG(N)=7. D-9
goto 10
20 N=N-1
write(*,180)
read(*,190) ICS
if (ICS. eq. 2) then
    write(*,200)
    read(*,120) SLUG
    call TRANSCON
else
    NN=N
    do 25 I=1,N
        FC(I)=FD(I)
25     TC(I)=T(I)
endif
S=0. D0
do 30 I=1,68
    X(I)=erf(S)
    Y(I)=S
30     S=S+5. D-2
call SPLINE(X,Y,68,0. 0D0,0. 0D0,YSPLINE)
K=0
do 40 I=1,NN
    XX=2*FC(I)-1
    if(dabs(XX). gt. X(68)) goto 40
    K=K+1
    if(XX. LT. 0.) then
        XX=-XX
        call SPLINT(X,Y,YSPLINE,68,XX,DERFINV)
```

```

        TT(K)=TC(I)
        TERF(K)=sqrt(TC(I))*real(-DERFINV)
    else
        call SPLINT(X,Y,YSPLINE,CS,XX,DERFINV)
        TT(K)=TC(I)
        TERF(K)=sqrt(TC(I))*real(DERFINV)
    endif
40    continue
    call GRAFICO1(K,TT,TERF)
    if (MI. gt. ME) then
    call qsqfit(K,TT,TERF,0,aa,ML)
    Pe=4*MI*MI
    f=ME*ME/(MI*MI)
    C1=1/(4*ML*ML)-1/Pe
    else
    Pe=-4*ME*YO
    f=Pe/(4*ME*ME)
    C1=1/(4*MI*MD)-1/Pe
    endif
    a=(1-f)*(1-f)/C1
    Pes=15*C1/(1-f)
    Pet=3*C1/(1-f)
    write(*,190) Pe,f,a,Pes,Pet
    call QINKEY(IEX,KEY)
    call FIT(Pe,f,a,Pes,Pet)
    close(IOUT)
    stop
100  format(2(2x,F10. 5))
110  format(2x,F10. 5)
120  format(D10. 7)
130  format(/1x,'Os parametros estimados foram:'/10x,'Pe=',f10. 5/10x,'f
&=',f10. 5/10x,'a=',f10. 5/10x,'Pes=',f10. 5/10x,'Pet=',f10. 5)
140  format(2D10. 0)
150  format(1x,'Qual o nome do arquivo de dados?')
160  format(a)
170  format(1x,'Qual o nome do arquivo de saida?')
180  format(/1x,'O teste foi de injecao:'/1x,'1-continua',/1x,'2-de b
&anco')
190  format(i1)
200  format(/1x,'Qual o tamanho do banco?')
    end
    Subroutine ERRO1
    call QSMODE(9)
    write(*,20)
10  stop
20  format(////,'***** NUMERO DE DADOS MAIOR QUE 200 *****',//)
&OGRAMA ABORTOU')
    end
    Subroutine FIT(Pe,f,aa,Pes,Pet)
    implicit real*(A-H,O-Z)
    real*4 YCALC
    dimension A(3),X(100),Y(100),YCALC(100),SIG(100),LISTA(9),COVAR(9,
&9),ALPHA(3,9),DA(9)
    common /BLOCO1/ ICS,MODELO,IOUT,ISEL,PI,SLUG
    common /BLOCO2/ N,X,Y,YCALC
    common /FINAL/ SIG

```



```

DATA LISTA/1,2,3/
PI = 4.0DO * DATAN(4.0DO)
call qamode(3)
write(*,120)
read(*,*) MODELO
MA=9
A(1)=Pe
A(2)=f
A(3)=aa
if(MODELO. eq. 1) then
    MA=1
elseif(MODELO. eq. 3) then
    A(3)=Pes
elseif(MODELO. eq. 4) then
    A(3)=Pot
endif
ALAMDA=-1.
NI=N-MA
MFIT=MA
NCA=MA
ITER=0
ACHI=0.0
ISEL=2
do 25 I=1,N
call FUNCS(X(I),A,YMOD,DYDA,MA)
25 YCALC(I)=angl(YMOD)
call GRAF
ISEL=1
90 OCHI=ACHI
call MRQMIN(X,Y,SIG,N,A,MA,LISTA,MFIT,COVAR,ALPHA,NCA,CHISQ,ALAMDA
&)
ITER=ITER+1
ACHI=CHISQ
WRITE(*,190) ITER
WRITE(*,180) CHISQ
DO 94 I=1,MA
94 WRITE(*,200) I,A(I)
WRITE(IOUT,190) ITER
WRITE(IOUT,180) CHISQ
DO 95 I=1,MA
95 WRITE(IOUT,200) I,A(I)
IF(ITER. GT. 100) CALL ERR
IF((ACHI-OCHI). GE. 0.0) GOTO 90
IF(DABS(ACHI-OCHI). GE. .1) GOTO 90
ALAMDA=0.
call MRQMIN(X,Y,SIG,N,A,MA,LISTA,MFIT,COVAR,ALPHA,NCA,CHISQ,ALAMDA
&)
WRITE(IOUT,170)
DO 40 I=1,MA
DA(I)=2.0DO*SQRT(COVAR(I,I))
40 WRITE(iout,210) I,A(I),DA(I)
ISEL=2
write(iout,160)
DESV=0.0DO
DO 50 I=1,N
CALL FUNCS(X(I),A,YMOD,DYDA,MA)

```

```

    YCALC(I)=SNGL(YMOD)
    SIG(I)=YMOD-Y(I)
    DESV=DESV+SIG(I)*SIG(I)
50  write(iout,165) X(I),Y(I),YCALC(I),SIG(I)
    call GRAF
    DESV=SQRT(DESV/N)
    WRITE(IOUT,220) DESV
    RETURN
110  format(I4)
120  format(/1x,'Qual o modelo: '//15x,'1-Homogeneo'/15x,'2-Coats/Smith'/
&15x,'3-Esferas porosas'/15x,'4-Matriz transversa')
130  format(3D10.0)
140  format(D10.0)
145  format(2D10.0)
160  format(/1x,'Tempo(Vpi)          Dados do teste          Calculado          erro')
165  format(1x,4(f15.7))
170  format(/1x,'Parametros estimados com intervalo de confianca de 95
&%')
180  format(1x,'chi-quadrado=',E15.7)
190  format(/1x,'Iteracao=',I2)
200  format(1x,'Parametro ',I1,' =',F12.5)
210  format(1x,'Parametro ',I1,' =',F10.5,' +/- ',F10.5)
220  format(/1x,'Desvio padrao do modelo =', F15.7)
    end
    subroutine err
    write(*,10)
10  format(1x,'Programa parou'/1x,'nao foi alcancada convergencia em 4
&0 iteracoes')
    stop
    end
    SUBROUTINE MRQMIN(X,Y,SIG,NDATA,A,MA,LISTA,MFIT,
*   COVAR,ALPHA,NCA,CHISQ,ALAMDA)
    IMPLICIT REAL*8 (A-H,O-Z)
    PARAMETER (MMAX=9)
    DIMENSION X(NDATA),Y(NDATA),SIG(NDATA),A(MA),LISTA(MA),
*   COVAR(NCA,NCA),ALPHA(NCA,NCA),ATRY(MMAX),BETA(MMAX),DA(MMAX)
    IF(ALAMDA.LT.0.)THEN
        KK=MFIT+1
        DO 12 J=1,MA
            IHIT=0
            DO 11 K=1,MFIT
                IF(LISTA(K).EQ.J)IHIT=IHIT+1
11             CONTINUE
                IF (IHIT.EQ.0) THEN
                    LISTA(KK)=J
                    KK=KK+1
                ELSE IF (IHIT.GT.1) THEN
                    PAUSE 'Improper permutation in LISTA'
                ENDIF
12             CONTINUE
            IF (KK.NE.(MA+1)) PAUSE 'Improper permutation in LISTA'
            ALAMDA=1.D-9
            CALL MRQCOFX,Y,SIG,NDATA,A,MA,LISTA,MFIT,ALPHA,BETA,NCA,CHISQ)
            OCHISQ=CHISQ
            DO 13 J=1,MA
                ATRY(J)=A(J)

```

```

13     CONTINUE
      ENDIF
      DO 15 J=1,MFIT
        DO 14 K=1,MFIT
          COVAR(J,K)=ALPHA(J,K)
14     CONTINUE
          COVAR(J,J)=ALPHA(J,J)*(1. +ALAMDA)
          DA(J)=BETA(J)
15     CONTINUE
          CALL GAUSSJ(COVAR,MFIT,NCA,DA,1,1)
          IF(ALAMDA. EQ. 0.) THEN
            CALL COVSRT(COVAR,NCA,MA,LISTA,MFIT)
            RETURN
          ENDIF
          DO 16 J=1,MFIT
            ATRY(LISTA(J))=A(LISTA(J))+DA(J)
16     CONTINUE
            CALL MRQCOF(X,Y,SIG,NDATA,ATRY,MA,LISTA,MFIT,COVAR,DA,NCA,CHISQ)
            IF(CHISQ. LT. OCHISQ) THEN
              ALAMDA=0. 1*ALAMDA
              OCHISQ=CHISQ
              DO 18 J=1,MFIT
                DO 17 K=1,MFIT
                  ALPHA(J,K)=COVAR(J,K)
17     CONTINUE
                  BETA(J)=DA(J)
                  A(LISTA(J))=ATRY(LISTA(J))
18     CONTINUE
                ELSE
                  ALAMDA=10. *ALAMDA
                  CHISQ=OCHISQ
                ENDIF
              RETURN
            END

```

C
C

```

      SUBROUTINE MRQCOF(X,Y,SIG,NDATA,A,MA,LISTA,MFIT,ALPHA,BETA,NALP,
*CHISQ)
      IMPLICIT REAL*8 (A-H,O-Z)
      PARAMETER (MMAX=9)
      DIMENSION X(NDATA),Y(NDATA),SIG(NDATA),ALPHA(NALP,NALP),BETA(MA),
*      DYDA(MMAX),LISTA(MFIT),A(MA)
      DO 12 J=1,MFIT
        DO 11 K=1,J
          ALPHA(J,K)=0.
11     CONTINUE
          BETA(J)=0.
12     CONTINUE
          CHISQ=0.
          DO 15 I=1,NDATA
            CALL FUNCS(X(I),A,YMOD,DYDA,MA)
            SIGZI=1. /(SIG(I)*SIG(I))
            DY=Y(I)-YMOD
            DO 14 J=1,MFIT
              WT=DYDA(LISTA(J))*SIGZI
            DO 13 K=1,J

```

```

      ALPHA(J,K)=ALPHA(J,K)+WT*DYDA(LISTA(K))
13      CONTINUE
      BETA(J)=BETA(J)+DY*WT
14      CONTINUE
      CHISQ=CHISQ+DY*DY*SIG2I
15      CONTINUE
      DO 17 J=2,MFIT
        DO 16 K=1,J-1
          ALPHA(K,J)=ALPHA(J,K)
16      CONTINUE
17      CONTINUE
      RETURN
      END

```

c

c

```

SUBROUTINE COVSRT(COVAR,NCVM,MA,LISTA,MFIT)
IMPLICIT REAL*8 (A-H,O-Z)
DIMENSION COVAR(NCVM,NCVM),LISTA(MFIT)
DO 12 J=1,MA-1
  DO 11 I=J+1,MA
    COVAR(I,J)=0.
11  CONTINUE
12  CONTINUE
    DO 14 I=1,MFIT-1
      DO 13 J=I+1,MFIT
        IF(LISTA(J).GT.LISTA(I)) THEN
          COVAR(LISTA(J),LISTA(I))=COVAR(I,J)
        ELSE
          COVAR(LISTA(I),LISTA(J))=COVAR(I,J)
        ENDIF
13  CONTINUE
14  CONTINUE
      SWAP=COVAR(1,1)
      DO 15 J=1,MA
        COVAR(1,J)=COVAR(J,J)
        COVAR(J,J)=0.
15  CONTINUE
        COVAR(LISTA(1),LISTA(1))=SWAP
        DO 16 J=2,MFIT
          COVAR(LISTA(J),LISTA(J))=COVAR(1,J)
16  CONTINUE
        DO 18 J=2,MA
          DO 17 I=1,J-1
            COVAR(I,J)=COVAR(J,I)
17  CONTINUE
18  CONTINUE
      RETURN
      END

```

c

c

```

SUBROUTINE GAUSSJ(A,N,NP,B,M,MP)
IMPLICIT REAL*8 (A-H,O-Z)
PARAMETER (NMAX=50)
DIMENSION A(NP,NP),B(NP,MP),IPIV(NMAX),INDXR(NMAX),INDXC(NMAX)
DO 11 J=1,N
  IPIV(J)=0

```

```

11 CONTINUE
   DO 22 I=1,N
     BIG=0.
     DO 13 J=1,N
       IF(IPIV(J). NE. 1)THEN
         DO 12 K=1,N
           IF (IPIV(K). EQ. 0) THEN
             IF (DABS(A(J,K)). GE. BIG)THEN
               BIG=DABS(A(J,K))
               IROW=J
               ICOL=K
             ENDIF
           ELSE IF (IPIV(K). GT. 1) THEN
             PAUSE 'Singular matrix'
           ENDIF
         CONTINUE
       ENDIF
     CONTINUE
   IPIV(ICOL)=IPIV(ICOL)+1
   IF (IROW. NE. ICOL) THEN
     DO 14 L=1,N
       DUM=A(IROW,L)
       A(IROW,L)=A(ICOL,L)
       A(ICOL,L)=DUM
     CONTINUE
     DO 15 L=1,M
       DUM=B(IROW,L)
       B(IROW,L)=B(ICOL,L)
       B(ICOL,L)=DUM
     CONTINUE
   ENDIF
   INDXR(I)=IROW
   INDXC(I)=ICOL
   IF (A(ICOL,ICOL). EQ. 0.) PAUSE 'Singular matrix.'
   PIVINV=1. /A(ICOL,ICOL)
   A(ICOL,ICOL)=1.
   DO 16 L=1,N
     A(ICOL,L)=A(ICOL,L)*PIVINV
   CONTINUE
   DO 17 L=1,M
     B(ICOL,L)=B(ICOL,L)*PIVINV
   CONTINUE
   DO 21 LL=1,N
     IF(LL. NE. ICOL)THEN
       DUM=A(LL,ICOL)
       A(LL,ICOL)=0.
       DO 18 L=1,N
         A(LL,L)=A(LL,L)-A(ICOL,L)*DUM
       CONTINUE
       DO 19 L=1,M
         B(LL,L)=B(LL,L)-B(ICOL,L)*DUM
       CONTINUE
     ENDIF
   CONTINUE
   CONTINUE
   DO 24 L=N,1,-1

```

```

      IF(INDXR(L). NE. INDXC(L))THEN
        DO 23 K=1,N
          DUM=A(K,INDXR(L))
          A(K,INDXR(L))=A(K,INDXC(L))
          A(K,INDXC(L))=DUM
23      CONTINUE
        ENDIF
24      CONTINUE
        RETURN
        END
        subroutine FUNCS(T,A,Y,DYDA,MA)
        implicit real*8(A-H,O-Z)
        dimension A(MA),DYDA(3)
        external ICCS,ICCS1,ICCS2,ICCS3,ICMT,ICMT1,ICMT2,ICMT3,ICPS,ICPS1,
&ICPS2,ICPS3
        external ISCS,ISCS1,ISCS2,ISCS3,ISMT,ISMT1,ISMT2,ISMT3,ISPS,ISPS1,
&ISPS2,ISPS3
        common /BLOCO1/ ICS,MODELO,IOUT,ISEL,PI,SLUG
        if(ICS. eq. 1) then
          if(MODELO. eq. 1) then
            C1=(1. -T)/2/dsqrt(T/A(1))
            C2=(1. +T)/2/dsqrt(T/A(1))
            C4=erfcc(C2)
            Y=. 5*(erfcc(C1)+dexp(A(1))*C4)
          elseif(MODELO. eq. 2) then
            call CRUMP(T,O. ODO,1. D-4,K,ICCS,Y,A,MA)
          elseif(MODELO. eq. 3) then
            call CRUMP(T,O. ODO,1. D-4,K,ICPS,Y,A,MA)
          else
            call CRUMP(T,O. ODO,1. D-4,K,ICMT,Y,A,MA)
          endif
          else
            if(MODELO. eq. 1) then
              C1=(1. -T)/2/dsqrt(T/A(1))
              C2=(1. +T)/2/dsqrt(T/A(1))
              C4=erfcc(C2)
              Y1=. 5*(erfcc(C1)+dexp(A(1))*C4)
              Y2=0
              if(T. gt. SLUG) then
                C5=(1. -(T-SLUG))/2/dsqrt((T-SLUG)/A(1))
                C6=(1. +(T-SLUG))/2/dsqrt((T-SLUG)/A(1))
                C8=erfcc(C6)
                Y2=. 5*(erfcc(C5)+dexp(A(1))*C8)
              endif
              Y=Y1-Y2
            elseif(MODELO. eq. 2) then
              call CRUMP(T,O. ODO,1. D-4,K,ISCS,Y,A,MA)
            elseif(MODELO. eq. 3) then
              call CRUMP(T,O. ODO,1. D-4,K,ISPS,Y,A,MA)
            else
              call CRUMP(T,O. ODO,1. D-4,K,ISMT,Y,A,MA)
            endif
          endif
          if(ISEL. EQ. 2) goto 200
          if(ICS. eq. 1) then
            if(MODELO. eq. 1) then

```

```

C3=2*dsqrt(T*PI*A(1))
DYDA(1)=-.5*((1-T)*dexp(-C1*C1)/C3+(1+T)*dexp(A(1)-C2*C2)/C3-dexp(
&A(1)*C4)
elseif(MODELO.eq.2) then
  call CRUMP(T,O.ODO,1.D-4,K,ICCS1,DYDA(1),A,MA)
  call CRUMP(T,O.ODO,1.D-4,K,ICCS2,DYDA(2),A,MA)
  call CRUMP(T,O.ODO,1.D-4,K,ICCS3,DYDA(3),A,MA)
elseif(MODELO.eq.3) then
  call CRUMP(T,O.ODO,1.D-4,K,ICPS1,DYDA(1),A,MA)
  call CRUMP(T,O.ODO,1.D-4,K,ICPS2,DYDA(2),A,MA)
  call CRUMP(T,O.ODO,1.D-4,K,ICPS3,DYDA(3),A,MA)
else
  call CRUMP(T,O.ODO,1.D-4,K,ICMT1,DYDA(1),A,MA)
  call CRUMP(T,O.ODO,1.D-4,K,ICMT2,DYDA(2),A,MA)
  call CRUMP(T,O.ODO,1.D-4,K,ICMT3,DYDA(3),A,MA)
endif
else
if(MODELO.eq.1) then
C3=2*dsqrt(T*PI*A(1))
DY1DA=-.5*((1-T)*dexp(-C1*C1)/C3+(1+T)*dexp(A(1)-C2*C2)/C3-dexp(
&A(1)*C4)
DY2DA=O.DO
if(T.gt.SLUG) then
  C7=2*dsqrt((T-SLUG)*PI*A(1))
  DY2DA=-.5*((1-(T-SLUG))*dexp(-C5*C5)/C7+(1+(T-SLUG))*dexp(A(1)-
&C6*C6)/C7-dexp(A(1)*C8)
endif
DYDA(1)=DY1DA-DY2DA
elseif(MODELO.eq.2) then
  call CRUMP(T,O.ODO,1.D-4,K,ISCS1,DYDA(1),A,MA)
  call CRUMP(T,O.ODO,1.D-4,K,ISCS2,DYDA(2),A,MA)
  call CRUMP(T,O.ODO,1.D-4,K,ISCS3,DYDA(3),A,MA)
elseif(MODELO.eq.3) then
  call CRUMP(T,O.ODO,1.D-4,K,ISPS1,DYDA(1),A,MA)
  call CRUMP(T,O.ODO,1.D-4,K,ISPS2,DYDA(2),A,MA)
  call CRUMP(T,O.ODO,1.D-4,K,ISPS3,DYDA(3),A,MA)
else
  call CRUMP(T,O.ODO,1.D-4,K,ISMT1,DYDA(1),A,MA)
  call CRUMP(T,O.ODO,1.D-4,K,ISMT2,DYDA(2),A,MA)
  call CRUMP(T,O.ODO,1.D-4,K,ISMT3,DYDA(3),A,MA)
endif
endif
return
end
200 subroutine GRAF
real*8 xx,yy
character YLABEL*2,XLABEL*3,CHAR*1
dimension XX(100),YY(100),YCALC(100),X(100),Y(100)
common /BLOCO2/ N,XX,YY,YCALC
do 10 I=1,N
  X(I)=angl(XX(I))
10 Y(I)=angl(YY(I))
  XMAX=X(N)+.1*X(N)
  call QSMODE(6)
  call QPLOT(100,639,29,199,O.,XMAX,O.,1,1,O.,O.,O,1.,1.)
  call QXAXIS(O.,XMAX,-.5,4,O,1)

```

```

call QYAXIS(0.,1,1,-.1,4,0,1)
YLABEL='Cd'
XLABEL='Vpl'
call QPTXTA(3,XLABEL,3)
call QPTXTD(2,YLABEL,3)
call QTABL(0,N,X,Y)
call QSETUP(0,3,-2,1)
call QTABL(1,N,X,YCALC)
read(*,100) CHAR
call QSMODE(3)
return
100 format(a)
end
DOUBLE PRECISION FUNCTION ERFCC(X)
REAL*8 X,Z,T
Z=DABS(X)
T=1. / (1. +0.5*Z)
ERFCC=T*DEXP(-Z*Z-1.26551223+T*(1.00002368+T*(.37409196+
* T*(.09678418+T*(-.18628806+T*(.27886807+T*(-1.13520398+
* T*(1.48851587+T*(-.82245223+T*(.17087277))))))))
IF (X.LT.0.) ERFCC=2.-ERFCC
RETURN
END
SUBROUTINE SPLINE(X,Y,N,YP1,YPN,Y2)
implicit real*8 (A-H,O-Z)
PARAMETER (NMAX=100)
DIMENSION X(N),Y(N),Y2(N),UN(NMAX)
IF (YP1.GT..99D30) THEN
  Y2(1)=0.
  U(1)=0.
ELSE
  Y2(1)=-0.5
  U(1)=(3. / (X(2)-X(1))) * ((Y(2)-Y(1)) / (X(2)-X(1)) - YP1)
ENDIF
DO 11 I=2,N-1
  SIG=(X(I)-X(I-1)) / (X(I+1)-X(I-1))
  P=SIG*Y2(I-1)+2.
  Y2(I)=(SIG-1. ) / P
  U(I)=(6. * ((Y(I+1)-Y(I)) / (X(I+1)-X(I)) - (Y(I)-Y(I-1))
* / (X(I)-X(I-1))) / (X(I+1)-X(I-1)) - SIG*U(I-1)) / P
11 CONTINUE
IF (YPN.GT..99E30) THEN
  QN=0.
  UN=0.
ELSE
  QN=0.5
  UN=(3. / (X(N)-X(N-1))) * ((YPN-(Y(N)-Y(N-1))) / (X(N)-X(N-1)))
ENDIF
Y2(N)=(UN-QN*U(N-1)) / (QN*Y2(N-1)+1. )
DO 12 K=N-1,1,-1
  Y2(K)=Y2(K)*Y2(K+1)+U(K)
12 CONTINUE
RETURN
END
SUBROUTINE SPLINT(XA,YA,Y2A,N,X,Y)
implicit real*8 (A-H,O-Z)

```



```

DIMENSION XA(N),YA(N),Y2A(N)
KLO=1
KHI=N
1 IF (KHI-KLO. GT. 1) THEN
    K=(KHI+KLO)/2
    IF(XA(K). GT. X)THEN
        KHI=K
    ELSE
        KLO=K
    ENDIF
GOTO 1
ENDIF
H=XA(KHI)-XA(KLO)
IF (H. EQ. 0.) PAUSE 'Bad XA input.'
A=(XA(KHI)-X)/H
B=(X-XA(KLO))/H
Y=A*YA(KLO)+B*YA(KHI)+
* ((A**3-A)*Y2A(KLO)+(B**3-B)*Y2A(KHI))*(H**2)/6.
RETURN
END
FUNCTION ERF(X)
implicit real*8 (A-H,O-Z)
IF(X. LT. 0.)THEN
    ERF=-GAMMP(5. D-1,X**2)
ELSE
    ERF=GAMMP(5. D-1,X**2)
ENDIF
RETURN
END
FUNCTION GAMMP(A,X)
implicit real*8 (A-H,O-Z)
IF(X. LT. 0. . OR. A. LE. 0.)PAUSE
IF(X. LT. A+1.)THEN
    CALL GSER(GAMSER,A,X,GLN)
    GAMMP=GAMSER
ELSE
    CALL GCF(GAMMCF,A,X,GLN)
    GAMMP=1. -GAMMCF
ENDIF
RETURN
END
SUBROUTINE GSER(GAMSER,A,X,GLN)
implicit real*8 (A-H,O-Z)
PARAMETER (ITMAX=100,EPS=9. E-7)
GLN=GAMMLN(A)
IF(X. LE. 0.)THEN
    IF(X. LT. 0.)PAUSE
    GAMSER=0.
    RETURN
ENDIF
AP=A
SUM=1. /A
DEL=SUM
DO 11 N=1,ITMAX
    AP=AP+1.
    DEL=DEL*X/AP

```

```

SUM=SUM+DEL
IF(DABS(DEL). LT. DABS(SUM)*EPS)GO TO 1
11 CONTINUE
PAUSE 'A too large, ITMAX too small'
1 GAMSER=SUM*DEXP(-X+A*DLOG(X)-GLN)
RETURN
END
SUBROUTINE GCF(GAMMCF,A,X,GLN)
implicit real*8 (A-H,O-Z)
PARAMETER (ITMAX=100,EPS=9. E-7)
GLN=GAMMLN(A)
GOLD=0.
AO=1.
A1=X
BO=0.
B1=1.
FAC=1.
DO 11 N=1,ITMAX
AN=FLOAT(N)
ANA=AN-A
AO=(A1+AO*ANA)*FAC
BO=(B1+BO*ANA)*FAC
ANF=AN*FAC
A1=X*AO+ANF*A1
B1=X*BO+ANF*B1
IF(A1. NE. 0. )THEN
FAC=1. /A1
G=B1*FAC
IF(DABS((G-GOLD)/G). LT. EPS)GO TO 1
GOLD=G
ENDIF
11 CONTINUE
PAUSE 'A too large, ITMAX too small'
1 GAMMCF=DEXP(-X+A*DLOG(X)-GLN)*G
RETURN
END
FUNCTION GAMMLN(XX)
REAL*8 COF(6),STP,HALF,ONE,FPF,X,TMP,SER,XX,GAMMLN
DATA COF,STP/76. 19009173D0,-86. 50592093D0,24. 01409822D0,
* -1. 291799516D0,. 120858009D-2,-. 596982D-5,2. 50662827465D0/
DATA HALF,ONE,FPF/0. 5D0,1. 0D0,5. 5D0/
X=XX-ONE
TMP=X+FPF
TMP=(X+HALF)*DLOG(TMP)-TMP
SER=ONE
DO 11 J=1,6
X=X+ONE
SER=SER+COF(J)/X
11 CONTINUE
GAMMLN=TMP+DLOG(STP*SER)
RETURN
END
subroutine ICCS(SR,SI,FR,FI,A)
complex*16 S,TL,C1,G
real*8 SR,SI,FR,FI,A
dimension A(9)

```

```

S=dcmplx(SR,SI)
G=A(2)+A(3)*(1-A(2))/(A(3)+(1-A(2))*S)
C1=cdsqrt(A(1)*A(1)+4*A(1)*S*G)
TL=cdexp((A(1)-C1)*.5)/S
FR=dbl(TL)
FI=dimag(TL)
return
end
subroutine ICCS1(SR,SI,FR,FI,A)
complex*16 S,TL,C1,G
real*8 SR,SI,FR,FI,A
dimension A(3)
S=dcmplx(SR,SI)
G=A(2)+A(3)*(1-A(2))/(A(3)+(1-A(2))*S)
C1=cdsqrt(A(1)*A(1)+4*A(1)*S*G)
TL=(C1-A(1)-2*S*G)*cdexp((A(1)-C1)*.5)/(2*S*C1)
FR=dbl(TL)
FI=dimag(TL)
return
end
subroutine ICCS2(SR,SI,FR,FI,A)
complex*16 S,TL,C1,G,DG,C2
real*8 SR,SI,FR,FI,A
dimension A(3)
S=dcmplx(SR,SI)
C2=A(3)+(1-A(2))*S
G=A(2)+A(3)*(1-A(2))/C2
DG=1-A(3)*A(3)/(C2*C2)
C1=cdsqrt(A(1)*A(1)+4*A(1)*S*G)
TL=-A(1)*DG*cdexp((A(1)-C1)*.5)/C1
FR=dbl(TL)
FI=dimag(TL)
return
end
subroutine ICCS3(SR,SI,FR,FI,A)
complex*16 S,TL,C1,G,DG,C2
real*8 SR,SI,FR,FI,A
dimension A(3)
S=dcmplx(SR,SI)
C2=A(3)+(1-A(2))*S
G=A(2)+A(3)*(1-A(2))/C2
DG=(1-A(2))*(1-A(2))*S/(C2*C2)
C1=cdsqrt(A(1)*A(1)+4*A(1)*S*G)
TL=-A(1)*DG*cdexp((A(1)-C1)*.5)/C1
FR=dbl(TL)
FI=dimag(TL)
return
end
subroutine IGMT(SR,SI,FR,FI,A)
complex*16 S,TL,C1,C2,G
real*8 SR,SI,FR,FI,A
dimension A(3)
S=dcmplx(SR,SI)
C2=cdsqrt(S*A(3))
G=A(2)+(1-A(2))*(1-cdexp(-2*C2))/((1+cdexp(-2*C2))*C2)
C1=cdsqrt(A(1)*A(1)+4*A(1)*S*G)

```

```

TL=cdexp((A(1)-C1)*.5)/S
FR=dbl( TL)
FI=dimag(TL)
return
end
subroutine ICMT1(SR,SI,FR,FI,A)
complex*16 S,TL,C1,C2,G
real*8 SR,SI,FR,FI,A
dimension A(9)
S=dcplx(SR,SI)
C2=cdsqrt(S*A(3))
G=A(2)+(1-A(2))*(1-cdexp(-2*C2))/((1+cdexp(-2*C2))*C2)
C1=cdsqrt(A(1)*A(1)+4*A(1)*S*G)
TL=(C1-A(1)-2*S*G)*cdexp((A(1)-C1)*.5)/(2*S*C1)
FR=dbl( TL)
FI=dimag(TL)
return
end
subroutine ICMT2(SR,SI,FR,FI,A)
complex*16 S,TL,C1,G,DG,C2,C3
real*8 SR,SI,FR,FI,A
dimension A(9)
S=dcplx(SR,SI)
C2=cdsqrt(S*A(3))
C3=(1-cdexp(-2*C2))/((1+cdexp(-2*C2))*C2)
G=A(2)+(1-A(2))*C3
DG=1-C3
C1=cdsqrt(A(1)*A(1)+4*A(1)*S*G)
TL=-A(1)*DG*cdexp((A(1)-C1)*.5)/C1
FR=dbl( TL)
FI=dimag(TL)
return
end
subroutine ICMT3(SR,SI,FR,FI,A)
complex*16 S,TL,C1,G,DG,C2,C3,C4
real*8 SR,SI,FR,FI,A
dimension A(9)
S=dcplx(SR,SI)
C2=cdsqrt(S*A(3))
C3=(1-cdexp(-2*C2))/(1+cdexp(-2*C2))
G=A(2)+(1-A(2))*C3/C2
DG=(1-A(2))*(1-C3*(C3+1/C2))/(2*A(3))
C1=cdsqrt(A(1)*A(1)+4*A(1)*S*G)
TL=-A(1)*DG*cdexp((A(1)-C1)*.5)/C1
FR=dbl( TL)
FI=dimag(TL)
return
end
subroutine ICPS(SR,SI,FR,FI,A)
complex*16 S,TL,C1,C2,C3,G
real*8 SR,SI,FR,FI,A
dimension A(9)
S=dcplx(SR,SI)
C2=cdsqrt(S*A(3))
C3=(1+cdexp(-2*C2))/(1-cdexp(-2*C2))
G=A(2)+(1-A(2))*3*(C2*C3-1)/(S*A(3))

```

```

C1=cdsqrt(A(1)*A(1)+4*A(1)*S*G)
TL=cdexp((A(1)-C1)*.5)/S
FR=dbl(TL)
FI=dimag(TL)
return
end
subroutine ICPS1(SR,SI,FR,FI,A)
complex*16 S,TL,C1,C2,C3,G
real*8 SR,SI,FR,FI,A
dimension A(3)
S=dcplx(SR,SI)
C2=cdsqrt(S*A(3))
C3=(1+cdexp(-2*C2))/(1-cdexp(-2*C2))
G=A(2)+(1-A(2))*3*(C2*C3-1)/(S*A(3))
C1=cdsqrt(A(1)*A(1)+4*A(1)*S*G)
TL=(C1-A(1)-2*S*G)*cdexp((A(1)-C1)*.5)/(2*S*C1)
FR=dbl(TL)
FI=dimag(TL)
return
end
subroutine ICPS2(SR,SI,FR,FI,A)
complex*16 S,TL,C1,G,DG,C2,C4
real*8 SR,SI,FR,FI,A
dimension A(3)
S=dcplx(SR,SI)
C2=cdsqrt(S*A(3))
C3=(1+cdexp(-2*C2))/(1-cdexp(-2*C2))
C4=3*(C2*C3-1)/(S*A(3))
G=A(2)+(1-A(2))*C4
DG=1-C4
C1=cdsqrt(A(1)*A(1)+4*A(1)*S*G)
TL=-A(1)*DG*cdexp((A(1)-C1)*.5)/C1
FR=dbl(TL)
FI=dimag(TL)
return
end
subroutine ICPS3(SR,SI,FR,FI,A)
complex*16 S,TL,C1,G,DG,C2,C3,C4
real*8 SR,SI,FR,FI,A
dimension A(3)
S=dcplx(SR,SI)
C2=cdsqrt(S*A(3))
C3=(1+cdexp(-2*C2))/(1-cdexp(-2*C2))
G=A(2)+(1-A(2))*3*(C2*C3-1)/(S*A(3))
DG=(1-A(2))*3*(.5+1/(S*A(3))-C3*(1/C2+C3)/2)/A(3)
C1=cdsqrt(A(1)*A(1)+4*A(1)*S*G)
TL=-A(1)*DG*cdexp((A(1)-C1)*.5)/C1
FR=dbl(TL)
FI=dimag(TL)
return
end
subroutine ISCS(SR,SI,FR,FI,A)
complex*16 S,TL,C1,G
real*8 SR,SI,FR,FI,A,SLUG,PI
dimension A(3)
common /BLOC01/ I,M,IO,IS,PI,SLUG

```

```

S=dcmplx(SR,SI)
G=A(2)+A(3)*(1-A(2))/(A(3)+(1-A(2))*S)
C1=cdeqrt(A(1)*A(4)+4*A(4)*S*G)
TL=(1-cdexp(-SLUG*S))*cdexp((A(4)-C1)*.5)/S
FR=dbl(TL)
FI=dimag(TL)
return
end
subroutine ISCS1(SR,SI,FR,FI,A)
complex*16 S,TL,C1,G
real*8 SR,SI,FR,FI,A,SLUG,PI
dimension A(3)
common /BLOC01/ I,M,IO,IS,PI,SLUG
S=dcmplx(SR,SI)
G=A(2)+A(3)*(1-A(2))/(A(3)+(1-A(2))*S)
C1=cdeqrt(A(1)*A(4)+4*A(4)*S*G)
TL=(1-cdexp(-SLUG*S))*(C1-A(4)-2*S*G)*cdexp((A(4)-C1)*.5)/(2*S*C1)
FR=dbl(TL)
FI=dimag(TL)
return
end
subroutine ISCS2(SR,SI,FR,FI,A)
complex*16 S,TL,C1,G,DG,C2
real*8 SR,SI,FR,FI,A,SLUG,PI
dimension A(3)
common /BLOC01/ I,M,IO,IS,PI,SLUG
S=dcmplx(SR,SI)
C2=A(3)+(1-A(2))*S
G=A(2)+A(3)*(1-A(2))/C2
DG=1-A(3)*A(3)/(C2*C2)
C1=cdeqrt(A(1)*A(4)+4*A(4)*S*G)
TL=-(1-cdexp(-SLUG*S))*A(4)*S*DG*cdexp((A(4)-C1)*.5)/(S*C1)
FR=dbl(TL)
FI=dimag(TL)
return
end
subroutine ISCS3(SR,SI,FR,FI,A)
complex*16 S,TL,C1,G,DG,C2
real*8 SR,SI,FR,FI,A,SLUG,PI
dimension A(3)
common /BLOC01/ I,M,IO,IS,PI,SLUG
S=dcmplx(SR,SI)
C2=A(3)+(1-A(2))*S
G=A(2)+A(3)*(1-A(2))/C2
DG=(1-A(2))*(1-A(2))*S/(C2*C2)
C1=cdeqrt(A(1)*A(4)+4*A(4)*S*G)
TL=-(1-cdexp(-SLUG*S))*A(4)*S*DG*cdexp((A(4)-C1)*.5)/(S*C1)
FR=dbl(TL)
FI=dimag(TL)
return
end
subroutine ISMT(SR,SI,FR,FI,A)
complex*16 S,TL,C1,C2,G
real*8 SR,SI,FR,FI,A,SLUG,PI
dimension A(3)
common /BLOC01/ I,M,IO,IS,PI,SLUG

```

```

S=dcmplx(SR,SI)
C2=cdeqrt(S*A(3))
G=A(2)+(1-A(2))*(1-cdexp(-2*C2))/((1+cdexp(-2*C2))*C2)
C1=cdeqrt(A(1)*A(1)+4*A(1)*S*G)
TL=(1-cdexp(-SLUG*S))*cdexp((A(1)-C1)*.5)/S
FR=dbl(TL)
FI=dimag(TL)
return
end
subroutine ISMT1(SR,SI,FR,FI,A)
complex*16 S,TL,C1,C2,G
real*8 SR,SI,FR,FI,A,SLUG,PI
dimension A(3)
common /BLOC01/ I,M,IO,IS,PI,SLUG
S=dcmplx(SR,SI)
C2=cdeqrt(S*A(3))
G=A(2)+(1-A(2))*(1-cdexp(-2*C2))/((1+cdexp(-2*C2))*C2)
C1=cdeqrt(A(1)*A(1)+4*A(1)*S*G)
TL=(1-cdexp(-SLUG*S))*(C1-A(1)-2*S*G)*cdexp((A(1)-C1)*.5)/(2*S*C1)
FR=dbl(TL)
FI=dimag(TL)
return
end
subroutine ISMT2(SR,SI,FR,FI,A)
complex*16 S,TL,C1,G,DG,C2,C3
real*8 SR,SI,FR,FI,A,SLUG,PI
dimension A(3)
common /BLOC01/ I,M,IO,IS,PI,SLUG
S=dcmplx(SR,SI)
C2=cdeqrt(S*A(3))
C3=(1-cdexp(-2*C2))/((1+cdexp(-2*C2))*C2)
G=A(2)+(1-A(2))*C3
DG=1-C3
C1=cdeqrt(A(1)*A(1)+4*A(1)*S*G)
TL=-(1-cdexp(-SLUG*S))*A(1)*S*DG*cdexp((A(1)-C1)*.5)/(S*C1)
FR=dbl(TL)
FI=dimag(TL)
return
end
subroutine ISMT3(SR,SI,FR,FI,A)
complex*16 S,TL,C1,G,DG,C2,C3,C4
real*8 SR,SI,FR,FI,A,SLUG,PI
dimension A(3)
common /BLOC01/ I,M,IO,IS,PI,SLUG
S=dcmplx(SR,SI)
C2=cdeqrt(S*A(3))
C3=(1-cdexp(-2*C2))/(1+cdexp(-2*C2))
G=A(2)+(1-A(2))*C3/C2
DG=(1-A(2))*(1-C3*(C3+1/C2))/(2*A(3))
C1=cdeqrt(A(1)*A(1)+4*A(1)*S*G)
TL=-(1-cdexp(-SLUG*S))*A(1)*S*DG*cdexp((A(1)-C1)*.5)/(S*C1)
FR=dbl(TL)
FI=dimag(TL)
return
end
subroutine ISPS(SR,SI,FR,FI,A)

```

```

complex*16 S,TL,C1,C2,C3,G
real*8 SR,SI,FR,FI,A,SLUG,PI
dimension A(3)
common /BLOC01/ I,M,IO,IS,PI,SLUG
S=dcmplx(SR,SI)
C2=cdsqrt(S*A(3))
C3=(1+cdexp(-2*C2))/(1-cdexp(-2*C2))
G=A(2)+(1-A(2))*3*(C2*C3-1)/(S*A(3))
C1=cdsqrt(A(1)*A(1)+4*A(1)*S*G)
TL=(1-cdexp(-SLUG*S))*cdexp((A(1)-C1)*.5)/S
FR=dbl(TL)
FI=dimag(TL)
return
end
subroutine ISPS1(SR,SI,FR,FI,A)
complex*16 S,TL,C1,C2,C3,G
real*8 SR,SI,FR,FI,A,SLUG,PI
dimension A(3)
common /BLOC01/ I,M,IO,IS,PI,SLUG
S=dcmplx(SR,SI)
C2=cdsqrt(S*A(3))
C3=(1+cdexp(-2*C2))/(1-cdexp(-2*C2))
G=A(2)+(1-A(2))*3*(C2*C3-1)/(S*A(3))
C1=cdsqrt(A(1)*A(1)+4*A(1)*S*G)
TL=(1-cdexp(-SLUG*S))*(C1-A(1)-2*S*G)*cdexp((A(1)-C1)*.5)/(2*S*C1)
FR=dbl(TL)
FI=dimag(TL)
return
end
subroutine ISPS2(SR,SI,FR,FI,A)
complex*16 S,TL,C1,G,DG,C2,C3
real*8 SR,SI,FR,FI,A,SLUG,PI
dimension A(3)
common /BLOC01/ I,M,IO,IS,PI,SLUG
S=dcmplx(SR,SI)
C2=cdsqrt(S*A(3))
C3=3*(C2*(1+cdexp(-2*C2))/(1-cdexp(-2*C2))-1)/(S*A(3))
G=A(2)+(1-A(2))*C3
DG=1-C3
C1=cdsqrt(A(1)*A(1)+4*A(1)*S*G)
TL=(1-cdexp(-SLUG*S))*A(1)*S*DG*cdexp((A(1)-C1)*.5)/(S*C1)
FR=dbl(TL)
FI=dimag(TL)
return
end
subroutine ISPS3(SR,SI,FR,FI,A)
complex*16 S,TL,C1,G,DG,C2,C3,C4
real*8 SR,SI,FR,FI,A,SLUG,PI
dimension A(3)
common /BLOC01/ I,M,IO,IS,PI,SLUG
S=dcmplx(SR,SI)
C2=cdsqrt(S*A(3))
C3=(1+cdexp(-2*C2))/(1-cdexp(-2*C2))
G=A(2)+(1-A(2))*3*(C2*C3-1)/(S*A(3))
DG=(1-A(2))*3*(.5+1/(S*A(3))-C3*(1/C2+C3)/2)/(S*A(3))
C1=cdsqrt(A(1)*A(1)+4*A(1)*S*G)

```



```

TL=-((1-cdexp(-SLUG*S))*A(1)*S*DG*cdexp((A(1)-C1)*.5)/(S*C1)
FR=dbl(TL)
FI=dimag(TL)
return
end
subroutine GRAFICO1(NN,X,Y)
character YLABEL*12,XLABEL*7,CHAR*1
DIMENSION X(100),Y(100),XCOL(20),YROW(20)
real*8 SIG(100)
external XFUN,YFUN
common /RETA/ A,B
common /INCLINA/ SLOPEE,SLOPEI,YO
common /FINAL/ SIG
N=NN
5 XMAX=X(N)+1
XMIN=X(1)-1
YMAX=Y(1)
YMIN=100.
do 10 I=1,N
  if(Y(I).gt.YMAX) then
    YMAX=Y(I)
  elseif(Y(I).lt.YMIN) then
    YMIN=Y(I)
  endif
10 continue
YMAX=YMAX+1
YMIN=YMIN-1
IEX=int(XMAX)
IEY=int(YMAX)
KEY=real(IEX)
YEY=real(IEY)
IEX=int(XMIN)
IEY=int(YMIN)
XEX=real(IEX)
YEX=real(IEY)
call QSMODE(6)
call QPLOT(100,699,29,199,XEX,XEY,YEX,YEY,XEX,YEX,0,1,1)
XMAX=XEX-.1*abs(XEY)
YMAX=YEY-.1*abs(YEY)
call QXAXIS(XEX,XMAX,-1,1,1,1)
call QYAXIS(YEX,YMAX,-1,1,1,1)
c YLABEL='erf-1(2*FD-1)'
c XLABEL='(T-1)/T'
c call QPTXTA(7,XLABEL,9)
c call QPTXTD(12,YLABEL,9)
call QTABL(0,N,X,Y)
I=1
JMOV=1
call QLTYPE(2,3)
call QLSTAT(1)
20 call QINKEY(IEX,KEY)
call QLREAD(JCOL,JROW)
if(IEX.eq.0.and.KEY.eq.72.and.JROW.le.(199-JMOV)) then
  call QLMOVR(0,JMOV)
  goto 20
endif

```

```

if(IEX. eq. 0. and. KEY. eq. 80. and. JROW. ge. (20+JMOV)) then
    call QLMOVR(0,-JMOV)
    goto 20
endif
if(IEX. eq. 0. and. KEY. eq. 77. and. JCOL. le. (630-JMOV)) then
    call QLMOVR(JMOV,0)
    goto 20
endif
if(IEX. eq. 0. and. KEY. eq. 75. and. JCOL. ge. (100+JMOV)) then
    call QLMOVR(-JMOV,0)
    goto 20
endif
if(IEX. eq. 0. and. KEY. eq. 73. and. JCOL. le. (630-JMOV). and. JROW. le. (100-
&JMOV)) then
    call QLMOVR(JMOV,JMOV)
    goto 20
endif
if(IEX. eq. 0. and. KEY. eq. 70. and. JCOL. ge. (100+JMOV). and. JROW. ge. (20+
&JMOV)) then
    call QLMOVR(-JMOV,-JMOV)
    goto 20
endif
if(IEX. eq. 0. and. KEY. eq. 71. and. JCOL. ge. (100+JMOV). and. JROW. le. (100-
&JMOV)) then
    call QLMOVR(-JMOV,JMOV)
    goto 20
endif
if(IEX. eq. 0. and. KEY. eq. 81. and. JCOL. le. (630-JMOV). and. JROW. ge. (20+
&JMOV)) then
    call QLMOVR(JMOV,-JMOV)
    goto 20
endif
if(IEX. eq. 1. and. KEY. eq. 49. and. JMOV. le. 20) then
    JMOV=JMOV+1
    goto 20
endif
if(IEX. eq. 1. and. KEY. eq. 45. and. JMOV. ge. 2) then
    JMOV=JMOV-1
    goto 20
endif
if(IEX. eq. 0. and. KEY. eq. 89. and. JCOL. gt. 100. and. JROW. gt. 20) then
    call QITOR(JCOL,JROW,XCOL(I),YROW(I))
    I=I+1
    goto 20
endif
if(IEX. eq. 0. and. KEY. eq. 50) then
    call QITOR(JCOL,JROW,X1,Y1)
    goto 20
endif
if(IEX. eq. 0. and. KEY. eq. 60) then
    call QITOR(JCOL,JROW,X2,Y2)
    call achar(x1,x2,n,x,y)
    YINT=A*XMIN+B
    if(YINT. ge. YEX) then
        XEX1=XEX
    else

```

```

        XEX1=(YEX-B)/A
    endif
    YINT=A*XEY+B
    if(YINT. le. YEY) then
        XEX2=XEY
    else
        XEX2=(YEY-B)/A
    endif
    call QCURV(XFUN,YFUN,XEX1,XEX2)
    Y0=YFUN(0. 0)
    SLOPEE=A
    goto 20
endif
if(IEX. eq. 0. and. KEY. eq. 61) then
    call QITOR(JCOL,JROW,X1,Y1)
    goto 20
endif
if(IEX. eq. 0. and. KEY. eq. 62) then
    call QITOR(JCOL,JROW,X2,Y2)
    call achar(x1,x2,n,x,y)
    YINT=A*XEX+B
    if(YINT. ge. YEX) then
        XEX1=XEX
    else
        XEX1=(YEX-B)/A
    endif
    YINT=A*XEY+B
    if(YINT. le. YEY) then
        XEX2=XEY
    else
        XEX2=(YEY-B)/A
    endif
    call QCURV(XFUN,YFUN,XEX1,XEX2)
    SLOPEI=A
    goto 20
endif
if(IEX. eq. 0. and. KEY. eq. 63) then
    call QITOR(JCOL,JROW,X1,Y1)
    goto 20
endif
if(IEX. eq. 0. and. KEY. eq. 64) then
    call QITOR(JCOL,JROW,X2,Y2)
    call achar1(X1,X2,I1,I2,X,Y,n)
    do 25 I=I1,I2
25      SIG(I)=1. 5D-2
    goto 20
endif
if(IEX. eq. 1. and. KEY. eq. 105). or. (IEX. eq. 1. and. KEY. eq. 73) call QPS
&CRN
if(IEX. eq. 1. and. KEY. eq. 19) goto 90
30  goto 20
call QSMODE(9)
return
100 FORMAT(1X,'X=',F10. 5,5X,'Y=',F10. 5)
end
subroutine achar(x1,x2,n,x,y)

```

```

dimension x(1),y(1),xx(100),yy(100)
common /RETA/ a,b
k=0
do 20 i=1,n
if (x(i).lt.x1) goto 20
if (x(i).gt.x2) goto 20
k=k+1
xx(k)=x(i)
yy(k)=y(i)
20 continue
call qsqfit(k,xx,yy,0,a,b)
return
end
subroutine achar1(x1,x2,i1,i2,x,y,n)
dimension x(1),y(1)
lag1=0
lag2=0
do 20 i=1,n
if (x(i).lt.x1) then
goto 20
elseif(lag1.eq.0) then
lag1=1
i1=i
endif
if (x(i).gt.x2.and.lag2.eq.0) then
lag2=1
i2=i
endif
20 continue
return
end
function XFUN(T)
XFUN=T
return
end
function YFUN(T)
common /RETA/ A,B
YFUN=A*T+B
return
end

```

c
c
C
C
C
C
C
C
C
C
C
C
C
C
C

SUBROUTINE CRUMP (t, alpha, err, N, ZLAP, FT,AL,MA)

**NUMERICAL INVERSION OF THE LAPLACE TRANSFORM USING THE CRUMP'S
TECHNIQUE**

(Journal of the ACM, Vol. 23, No. 1, January 1976, pp. 89-96.)

ON ENTRY

t **REAL*8**
Time for which the transform is to be computed

ZLAP **DOUBLE COMPLEX EXTERNAL FUNCTION**
The Laplace transform to be inverted

```

C      alpha    REAL*8
C              Maximum real valued pole of ZLAP
C
C      err      REAL*8
C              Maximum relative error allowed.
C
C      ON OUTPUT
C
C      FT       REAL*8
C              Computed value of the inverse Laplace transform of FLAP
C
C      N        INTEGER*4
C              Number of terms in the Fourier series used to approximate FT

```

ANTONIO CLAUDIO CORREA - STANFORD UNIVERSITY - FEBRUARY 1987

```

C      IMPLICIT REAL*8 (A-H,O-Z)
C      REAL*8 ImZ
C      DIMENSION E(500),AL(MA)
C      COMMON /BLOC01/ ICS,MODELO,IOUT,ISEL,PI,SLUG
C      EXTERNAL ZLAP
C
C      DO 10 i = 1, 500
C          E(i) = 0.0D0
10 CONTINUE
C
C      NMAX = 240
C
C      Im = (0.0D0,1.0D0)
C      TT = 0.8D0 * t
C      a = alpha - 0.5D0 * DLOG(err) / TT
C      ST = 0.0D0
C      SUM = 0.0D0
C      SUMLST = 0.0D0
C      arg11=pi/TT
C      arg22=t*arg11
C      DO 40 k = 1, 2*NMAX+1
C          arg1 = k*arg11
C          arg2 = k * arg22
C          call ZLAP(A,ARG1,ReZ,ImZ,AL)
C          ST = ST + ReZ * DCOS(arg2) - ImZ * DSIN(arg2)
C
C      ***** BEGIN EPSILON ALGORITHM *****
C
C      Eim1 = 0.0D0
C      Ei = E(1)
C      E(1) = ST
C      IF ( k .EQ. 1) GO TO 35
C          DO 30 i = 1, k-1
C              aux = E(i+1)
C              dif = E(i) - Ei
C              IF ( DABS(dif) .LT. 1.0D-70) THEN
C                  E(i+1) = E(i)
C              ELSE
C                  E(i+1) = Eim1 + 1.0D0/ dif
C

```

```

                ENDIF
                Elm1 = Ei
                Ei = aux
30             CONTINUE
                SUM = E(i)
C
C             TEST FOR CONVERGENCE
C
                IF (MOD(K,2).NE. 0 ) THEN
                    errest = DABS(SUM) - DABS(SUMLST)
                    errest = DABS(errest) / DABS(SUM)
                    IF ( errest .LT. 0.001*DABS(erm) ) THEN
                        N = k
                        GO TO 50
                    ENDIF
                ENDIF
C
C             35 CONTINUE
                IF (MOD(K,2).NE. 0 ) SUMLST = SUM
C
C ***** END EPSILON ALGORITHM *****
C
40 CONTINUE
50 call ZLAP(A,O.ODO,ReZ,ImZ,AL)
    FT= DEXP(a * t) / TT * ( 0.5DO * ReZ + SUM )
    RETURN
    END
    Subroutine transcom
    real linear
    real*8 FD,FX,PI,SLUG
    dimension x(100),y(100),fd(100),tx(100),ycalc(100),f(100),fc(100),
&tc(100)
    common /BLOC01/ ICS,MODELO,IOUT,ISEL,PI,SLUG
    common /BLOC02/ K,FX,FD,FCALC
    common /BLOC03/ X,Y,N
    common /BLOC04/ TC,FC,I
    common /TRANS/ F
    conc0=0.0
    conc1=1.0
    x(1)=0.0
    y(1)=0.0
    nn=90
    do 20 i=2,k+1
        x(i)=tx(i-1)
        y(i)=fd(i-1)
        if (x(i).le.slug) lug=i
20     continue
        n=k+1
        nn=int(lug*nn/n)
        deltat=(slug-0.0)/nn
        t=0.0
        i=1
        f(1)=1.0
40     if (t.ge.x(n)) goto 50
        i=i+1
        t=t+deltat

```

```

yy=linear(t)
fc(i)=yy
tc(i)=t
if (t. gt. slug) then
    f(i)=conco
else
    f(i)=concl
endif
goto 40
50 call CONVOLO
do 60 l=1,i
    tc(l)=tc(l+1)
60    fc(l)=fc(l+1)
return
end
real function linear(t)
dimension x(100),y(100)
logical achar
common /bloco3/ x,y,n
i=n
achar=. false.
5 if (achar) goto 10
if (x(i). lt. t) then
    achar=. true.
else
    i=i-1
endif
goto 5
10 linear=y(i)+(y(i+1)-y(i))*(t-x(i))/(x(i+1)-x(i))
return
end
Subroutine CONVOLO
dimension A(100,100),F(100),Y(100),T(100),B(100)
common /CONV1/ A
common /CONV2/ B
common /BLOCO4/ T,Y,K
common /TRANS/ F
N=K+1
20 DO 22 I=1,N
DO 21 J=1,N
A(I,J)=0.0
21 CONTINUE
22 CONTINUE
H=T(3)-T(2)
A(1,1)=-3/H
A(1,2)=3/H
A(N,N)=3/H
A(N,N-2)=-3/H
B(1)=0.
B(N)=0.
do 40 I=2,N-1
    A(I,I-1)=F(2)
    A(I,I)=4*F(2)
    A(I,I+1)=F(2)
    B(I)=Y(I)
do 30 J=I,3,-1

```

```

        DF=F(J)-F(J-1)
        A(I,I+1-J)=DF+A(I,I+1-J)
        A(I,I+2-J)=4*DF+A(I,I+2-J)
        A(I,I+3-J)=DF+A(I,I+3-J)
30      continue
40      continue
        call GAUSSP(N)
        DO 50 I=2,N-1
50      Y(I)=B(I-1)+4*B(I)+B(I+1)
        return
        end
        SUBROUTINE GAUSSP(N)
        DIMENSION A(100,100),B(100)
        common /CONV1/ A
        common /CONV2/ B
        DO 30 I=1,N-1
            DO 20 J=I+1,N
                IF (A(J,I).EQ.0.0) GOTO 20
                PIVOT=A(J,I)/A(I,I)
                IF (I.EQ.1) THEN
                    A(J,3)=A(J,3)-A(1,3)*PIVOT
                ELSE
                    A(J,I+1)=A(J,I+1)-A(I,I+1)*PIVOT
                ENDIF
                B(J)=B(J)-B(I)*PIVOT
20          CONTINUE
30      CONTINUE
        B(N)=B(N)/A(N,N)
        DO 40 I=N-1,2,-1
40          B(I)=(B(I)-B(I+1)*A(I,I+1))/A(I,I)
        B(1)=(B(1)-B(3)*A(1,3))/A(1,1)
        RETURN
        END

```