



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
**INSTITUTO DE PESQUISAS ESPACIAIS**

AUTORIZAÇÃO PARA PUBLICAÇÃO  
 AUTHORIZATION FOR PUBLICATION

PALAVRAS CHAVES/KEY WORDS  
 SENSOR, PRESSÃO, ALTITUDE

AUTORIZADA POR/AUTHORIZED BY  
 Volker W. J. H. Kirchhoff  
 Diretor Cien. Esp. Atmosf.

AUTOR RESPONSÁVEL  
 RESPONSIBLE AUTHOR  
 Elisete Rinke *Erinke*

DISTRIBUIÇÃO/DISTRIBUTION  
 INTERNA / INTERNAL  
 EXTERNA / EXTERNAL  
 RESTRITA / RESTRICTED

REVISADA POR/REVISED BY  
*O. Pinto J.*  
 O. Pinto Junior  
 Editor Cien. Esp. Atmosf.

CDU/UDC  
 681.586:629.733.3

DATA / DATE  
 Setembro 1989

|                    |   |
|--------------------|---|
| TÍTULO/TITLE       | PUBLICAÇÃO Nº<br>PUBLICATION NO<br><b>INPE-4926-RTR/129</b> |
|                    | CIRCUITO SENSOR DE PRESSÃO                                  |
| AUTORES/AUTHORSHIP | Elisete Rinke<br>Sônia Maria Eskelsen                       |

ORIGEM  
 ORIGIN  
 VLB

PROJETO  
 PROJECT  
 ATVLB

Nº DE PAG.  
 NO OF PAGES  
 57

ULTIMA PAG.  
 LAST PAGE  
 C.1

VERSÃO  
 VERSION

Nº DE MAPAS  
 NO OF MAPS

RESUMO - NOTAS / ABSTRACT - NOTES

Este circuito foi projetado para determinação da altitude em vôos de balões estratosféricos do VLB-INPE.

OBSERVAÇÕES / REMARKS

ABSTRACT

This circuit was projected to determine the altitude in stratospheric balloon flights to be launched by VLB-INPE.



## SUMÁRIO

|  | <u>Pág.</u> |
|--|-------------|
| LISTA DE FIGURAS .....                                 | v           |
| 1 <u>INTRODUÇÃO</u> .....                              | 1           |
| 2 <u>DESCRIÇÃO</u> .....                               | 2           |
| 2.1 - Fonte de referência .....                        | 3           |
| 2.2 - Ajuste de zero .....                             | 4           |
| 2.3 - Ajuste de ganho ("SPAN") .....                   | 5           |
| 2.4 - Amplificador de ganho para faixa de 50mBar ..... | 7           |
| 3 <u>RESULTADOS OBTIDOS</u> .....                      | 8           |
| APÊNDICE A - CURVAS DE CALIBRAÇÕES E TESTES            |             |
| APÊNDICE B - CIRCUITO FINAL                            |             |
| APÊNDICE C - PINAGEM DO CONECTOR                       |             |

•  
• •

LISTA DE FIGURAS

|   | <u>Pág.</u> |
|---|-------------|
| 1 - Diagrama de blocos .....                      | 2           |
| 2 - Fonte de referência positiva e negativa ..... | 3           |
| 3 - Ajuste de zero .....                          | 4           |
| 4 - Amplificador diferencial .....                | 6           |
| 5 - Circuito para faixa de 50mBar .....           | 7           |



## 1 INTRODUÇÃO

As informações de pressão e de altitude são utilizadas no cálculo da posição e trajetória do balão, bem como para análise de dados científicos.

Portanto torna-se indispensável um sensor de pressão a bordo que transforme as variações de pressão num sinal elétrico.

Existem no mercado sensores prontos que fazem esta conversão, no entanto seu alto custo inviabiliza o uso dos mesmos.

Os tipos de circuitos integrados que convertem pressão em tensão possuem a variação da tensão de saída muito inferior ao desejado. Portanto é necessário uma amplificação do sinal de saída do sensor para um nível adequado.

Foi escolhido o sensor modelo SCX 15 ANC marca SENSYM na faixa de 0-15 psi absolutos.



## 2 DESCRIÇÃO

Como este sensor é do tipo ponte de Wheatstone, é necessário um amplificador diferencial para obter o valor de tensão desejado.

Nos sub-itens posteriores são descritos cada bloco do circuito, esquematizado na Figura 1.

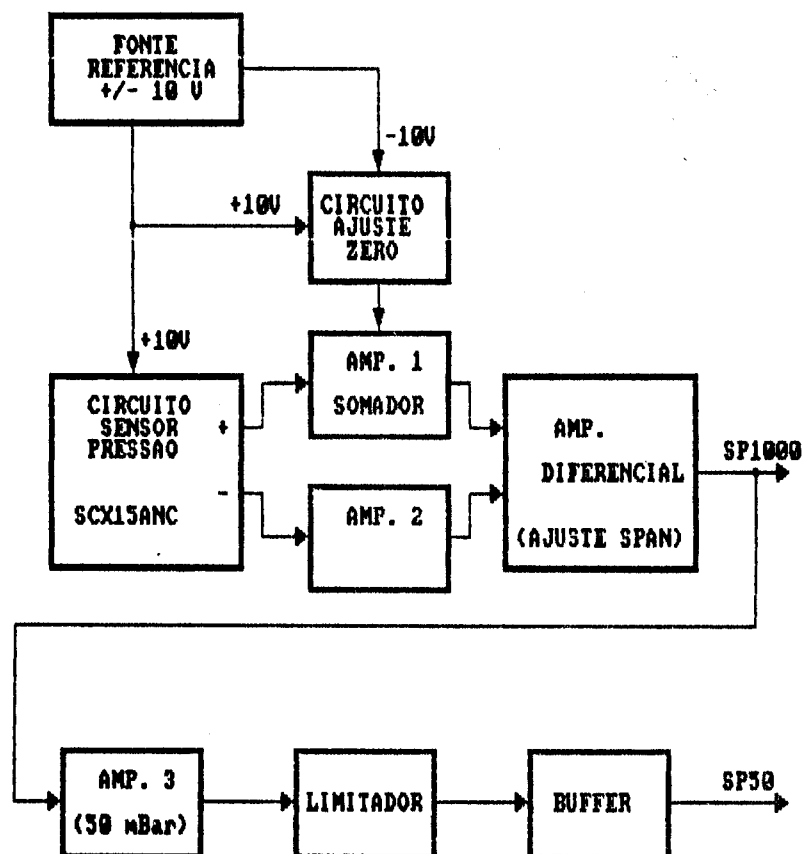


Fig.1 - Diagrama de blocos

## 2.1 - FONTE DE REFERÊNCIA

A alimentação deste circuito integrado sensor de pressão é de  $10\text{ V}_{\text{DC}}$ .

A partir de um diodo zener e um amplificador operacional obtemos a alimentação para o sensor. Esta tensão é invertida em um outro operacional, obtendo-se  $-10\text{ V}_{\text{DC}}$ .

Esta tensão de referência é também utilizada para correção de "ZERO" do circuito. A correção é necessária devido ao fato de que cada circuito integrado possui características diferentes, descrito no sub-item 2.2.

A fonte de referência positiva é obtida a partir dos CI's U<sub>1A</sub>, U<sub>2</sub> e resistores associados. A fonte negativa pelos CI's U<sub>4D</sub> e resistores associados.

O circuito das fontes de referência são mostrados na Figura 2.

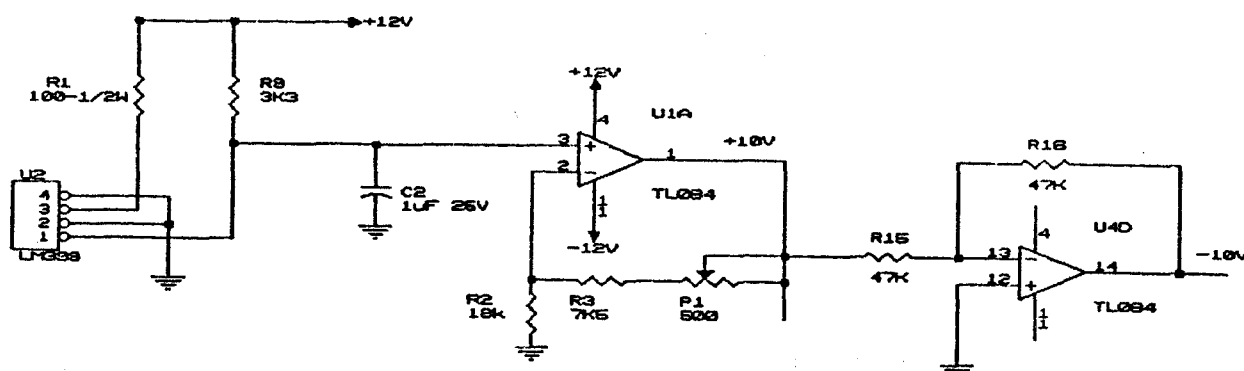


Fig. 2 - Fonte de referência positiva e negativa.

## 2.2 - AJUSTE DE ZERO

É necessário um ajuste no circuito devido às diferenças das características de cada circuito integrado sensor de pressão.

Basicamente é feito uma soma de um nível DC ao valor da tensão de saída de um dos pinos do sensor. O circuito é obtido pelos CI's U1B , U1C e resistores associados, mostrados na Figura 3.

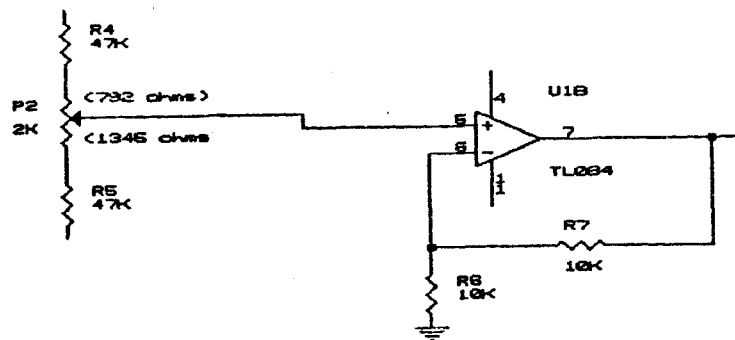


Fig. 3 - Ajuste de zero

### 2.3 - AJUSTE DE GANHO ("SPAN")

De acordo com a curva de calibração do sensor de pressão, mostrada no Apêndice A, as tensões de saída dos pinos possui características inversas entre si. A diferença da tensão destes pinos, multiplicado por um valor de ganho(definido como "SPAN")é o valor de tensão de saída desejado. É efetuado pelo  $U_{1D}$  e resistores associados, como amplificador diferencial.

O circuito é mostrado na Figura 4.



## 2.4 - AMPLIFICADOR DE GANHO PARA FAIXA DE 50 mBar

Para aumentar a precisão no final da escala, entre a faixa de pressão de 1 à 50 mBar, foi utilizado um amplificador de ganho, obtido pelo U<sub>4C</sub> e componentes associados. Como a saída deve variar entre um nível TTL, se fez necessário a utilização de um circuito limitador para 5V, obtidos por U<sub>4B</sub>, D<sub>1</sub> e U<sub>4A</sub>.

O circuito é mostrado na Figura 5.

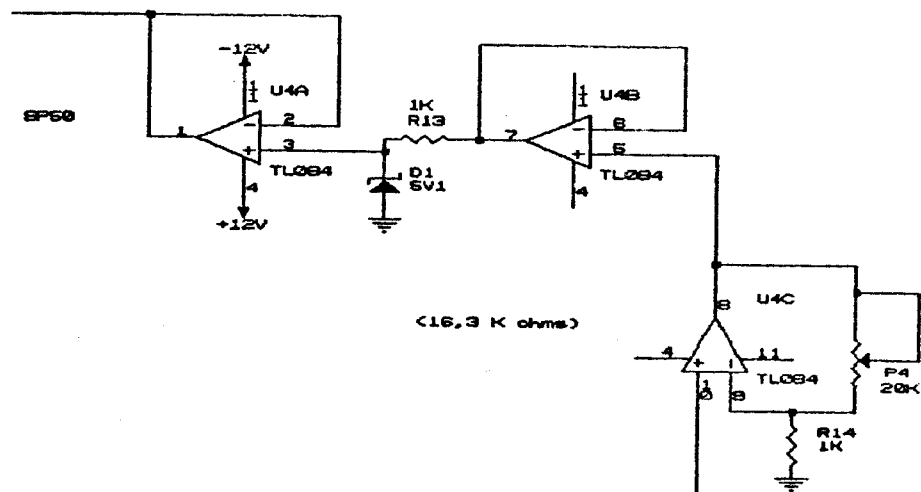


Fig. 5 - Circuito para faixa de 50 mBar.

### 3 RESULTADOS OBTIDOS

Foram feitos testes individuais em temperatura em cada CI sensor de pressão. As curvas obtidas encontram-se no Apêndice A, bem como as curvas de calibração e testes de sete circuitos sensores construídos no VLB. Foram feitos os testes de variação de pressão nas temperaturas ambiente, + 50 e - 20 graus centígrados.

Nos Apêndices A.3, A.8, A.13, A.18, A.23, A.28 e A.33 estão as curvas de calibração dos pinos de saída de cada sensor, para tensão de alimentação de 10Vdc.

O esquema do circuito final é mostrado no Apêndice B.

APÊNDICE A

CURVAS DE CALIBRAÇÕES E TESTES

**SENSOR 1**

CALIBRAÇÃO DO CI SENSOR DE PRESSÃO .....A.3  
CURVA PRESSÃO x SAÍDA 1000 mBar, 25 graus C .....A.4  
CURVA PRESSÃO x SAÍDA 1000 mBar,+50/-20 graus C .....A.5  
CURVA PRESSÃO x SAÍDA 50 mBar, 25 graus C .....A.6  
CURVA PRESSÃO x SAÍDA 50 mBar,+50/-20 graus C .....A.7

**SENSOR 2**

CALIBRAÇÃO DO CI SENSOR DE PRESSÃO .....A.8  
CURVA PRESSÃO x SAÍDA 1000 mBar, 25 graus C .....A.9  
CURVA PRESSÃO x SAÍDA 1000 mBar,+50/-20 graus C .....A.10  
CURVA PRESSÃO x SAÍDA 50 mBar, 25 graus C .....A.11  
CURVA PRESSÃO x SAÍDA 50 mBar,+50/-20 graus C .....A.12

**SENSOR 3**

CALIBRAÇÃO DO CI SENSOR DE PRESSÃO .....A.13  
CURVA PRESSÃO x SAÍDA 1000 mBar, 25 graus C .....A.14  
CURVA PRESSÃO x SAÍDA 1000 mBar,+50/-20 graus C .....A.15  
CURVA PRESSÃO x SAÍDA 50 mBar, 25 graus C .....A.16  
CURVA PRESSÃO x SAÍDA 50 mBar,+50/-20 graus C .....A.17

**SENSOR 4**

CALIBRAÇÃO DO CI SENSOR DE PRESSÃO .....A.18  
CURVA PRESSÃO x SAÍDA 1000 mBar, 25 graus C .....A.19  
CURVA PRESSÃO x SAÍDA 1000 mBar,+50/-20 graus C .....A.20  
CURVA PRESSÃO x SAÍDA 50 mBar, 25 graus C .....A.21  
CURVA PRESSÃO x SAÍDA 50 mBar,+50/-20 graus C .....A.22



**SENSOR 5**

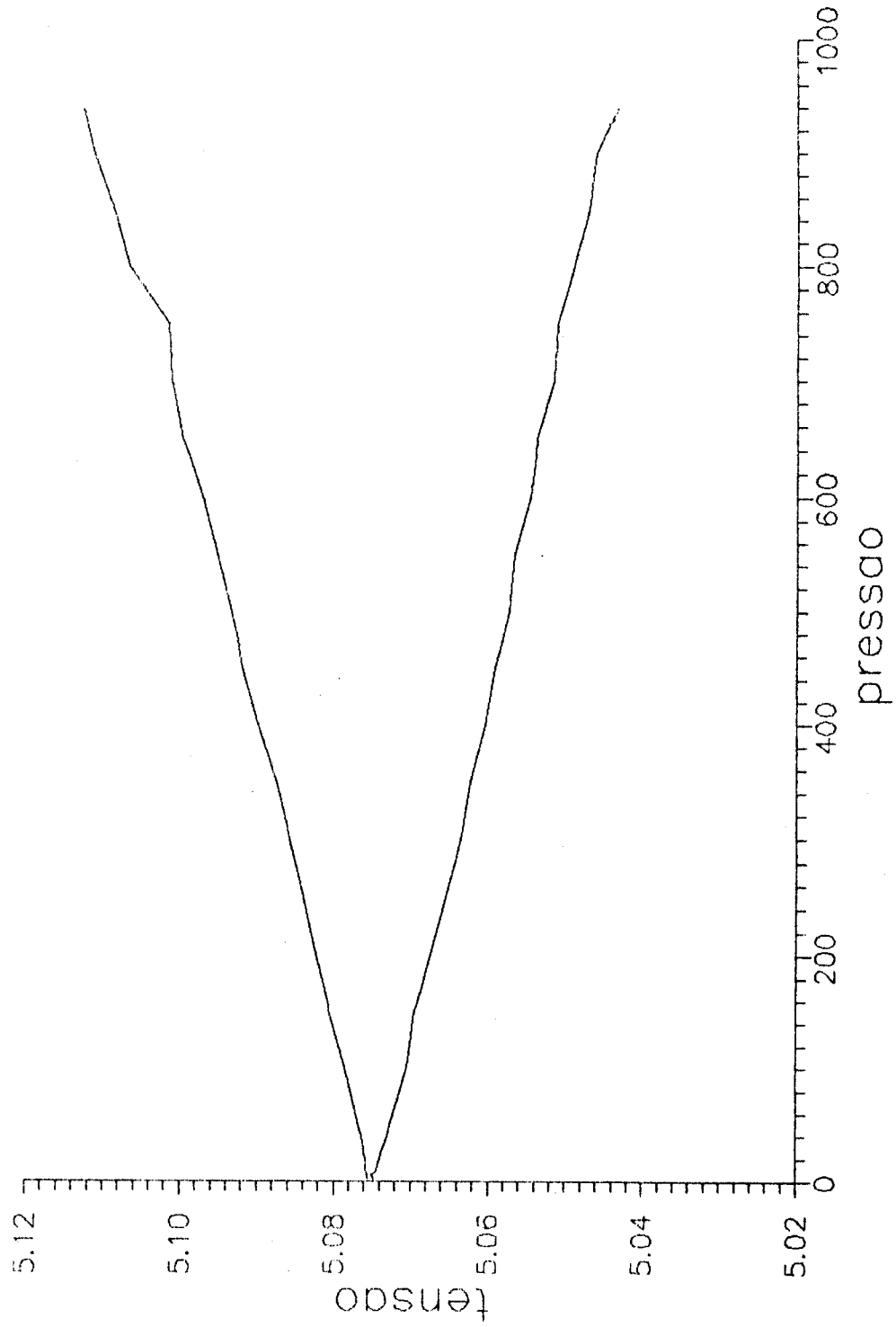
CALIBRAÇÃO DO CI SENSOR DE PRESSÃO .....A.23  
CURVA PRESSÃO x SAÍDA 1000 mBar, 25 graus C .....A.24  
CURVA PRESSÃO x SAÍDA 1000 mBar,+50/-20 graus C .....A.25  
CURVA PRESSÃO x SAÍDA 50 mBar, 25 graus C .....A.26  
CURVA PRESSÃO x SAÍDA 50 mBar,+50/-20 graus C .....A.27

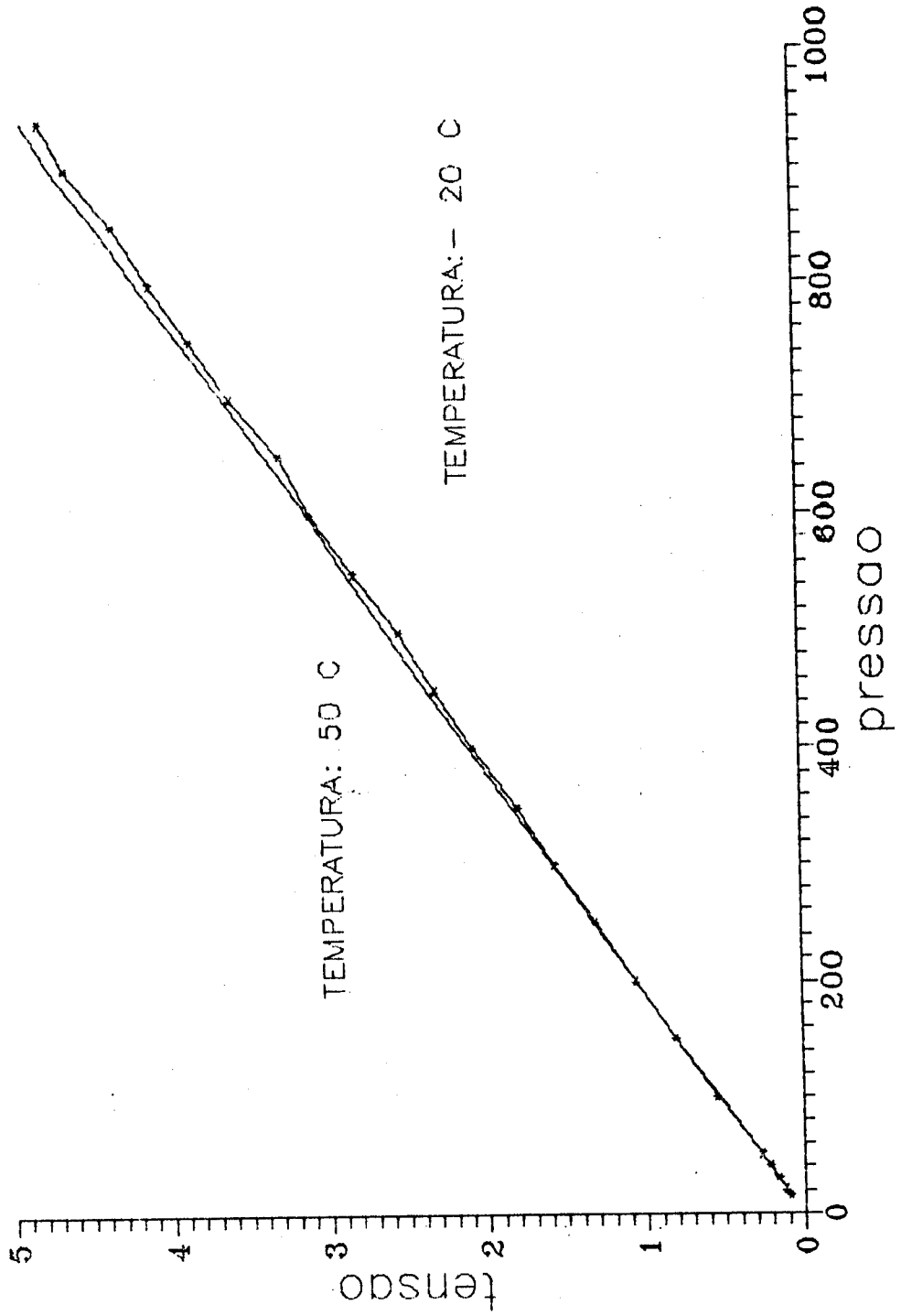
**SENSOR 6**

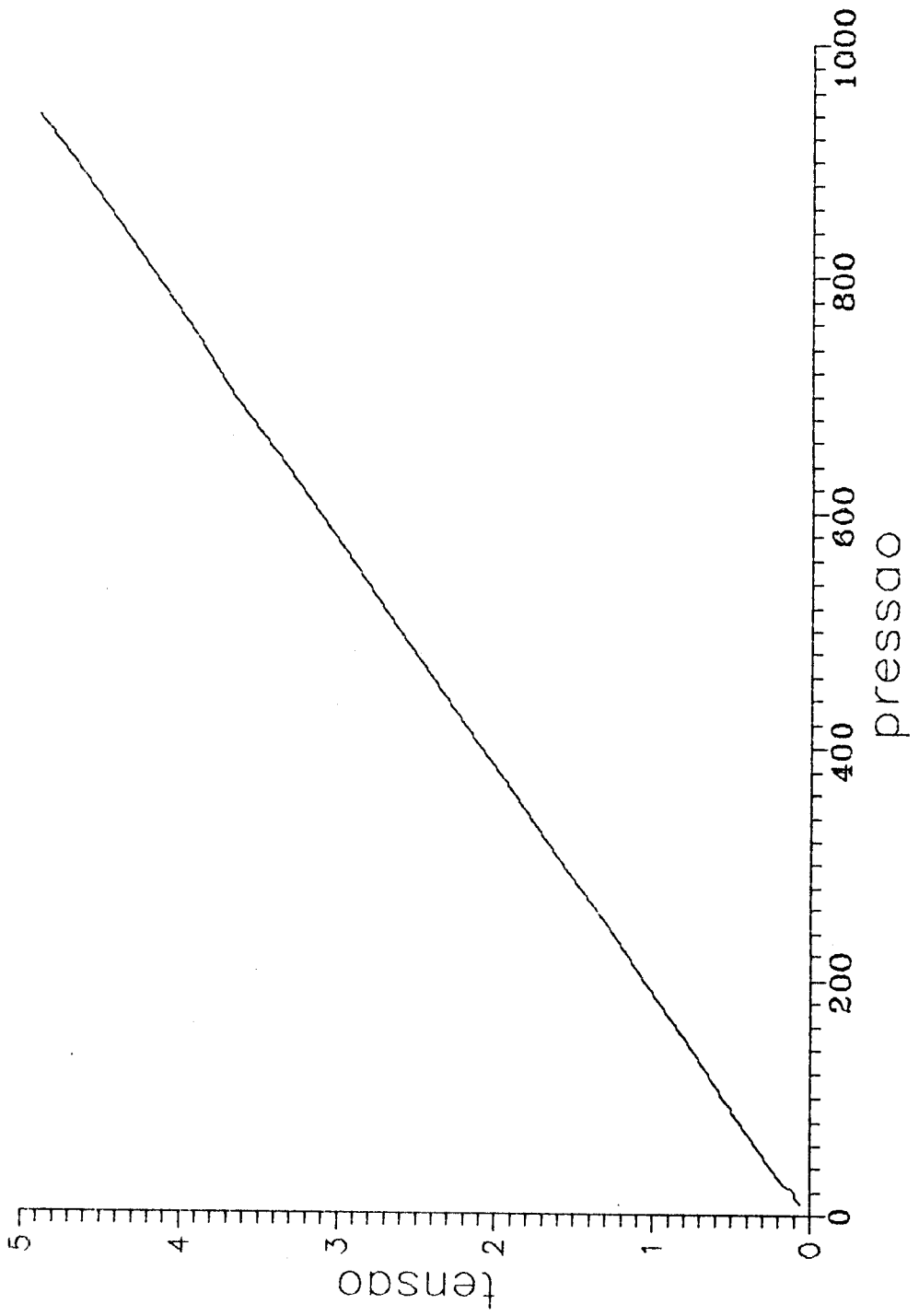
CALIBRAÇÃO DO CI SENSOR DE PRESSÃO .....A.28  
CURVA PRESSÃO x SAÍDA 1000 mBar, 25 graus C .....A.29  
CURVA PRESSÃO x SAÍDA 1000 mBar,+50/-20 graus C .....A.30  
CURVA PRESSÃO x SAÍDA 50 mBar, 25 graus C .....A.31  
CURVA PRESSÃO x SAÍDA 50 mBar,+50/-20 graus C .....A.32

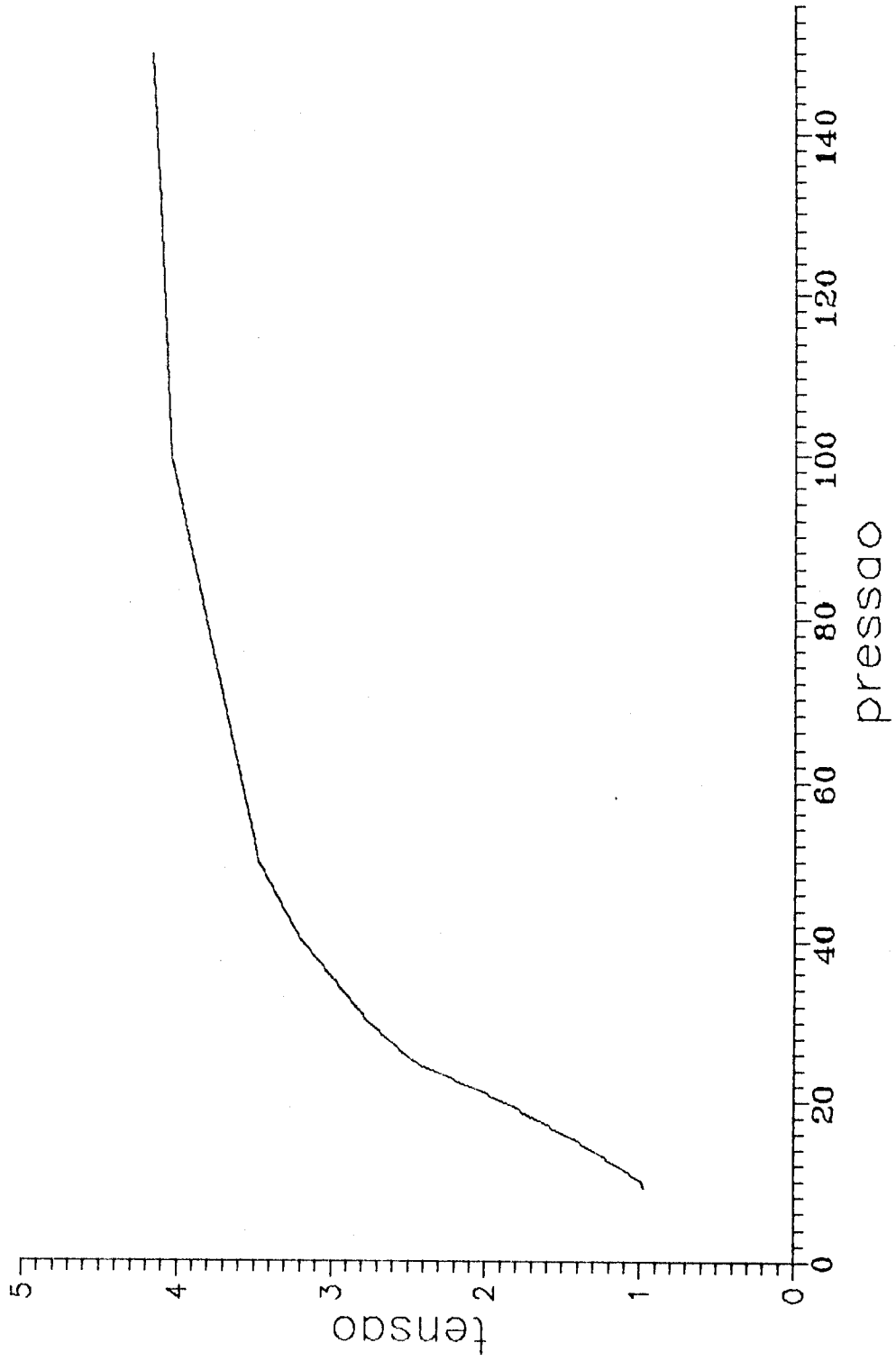
**SENSOR 7**

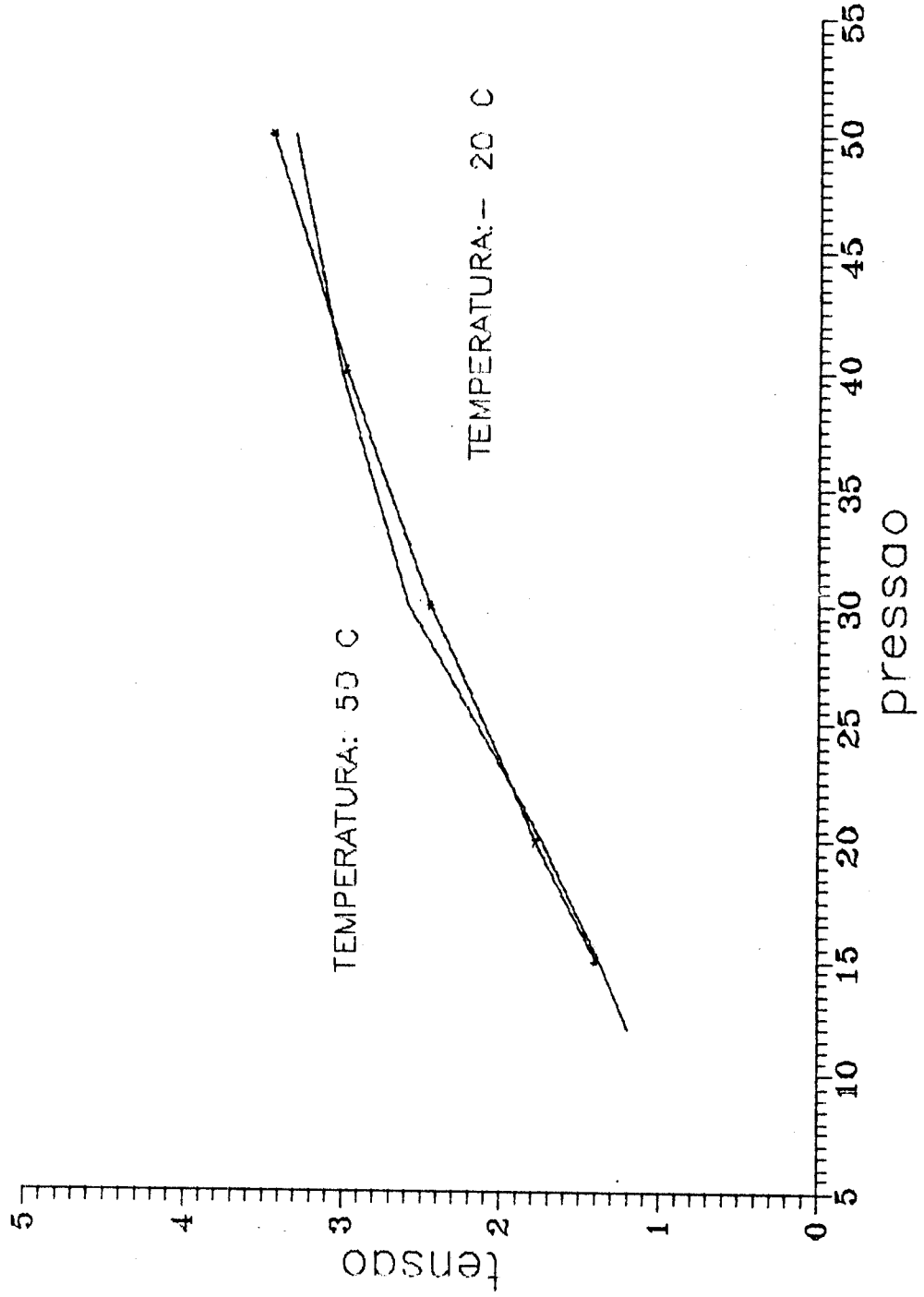
CALIBRAÇÃO DO CI SENSOR DE PRESSÃO .....A.33  
CURVA PRESSÃO x SAÍDA 1000 mBar, 25 graus C .....A.34  
CURVA PRESSÃO x SAÍDA 1000 mBar,+50/-20 graus C .....A.35  
CURVA PRESSÃO x SAÍDA 50 mBar, 25 graus C .....A.36  
CURVA PRESSÃO x SAÍDA 50 mBar,+50/-20 graus C .....A.37

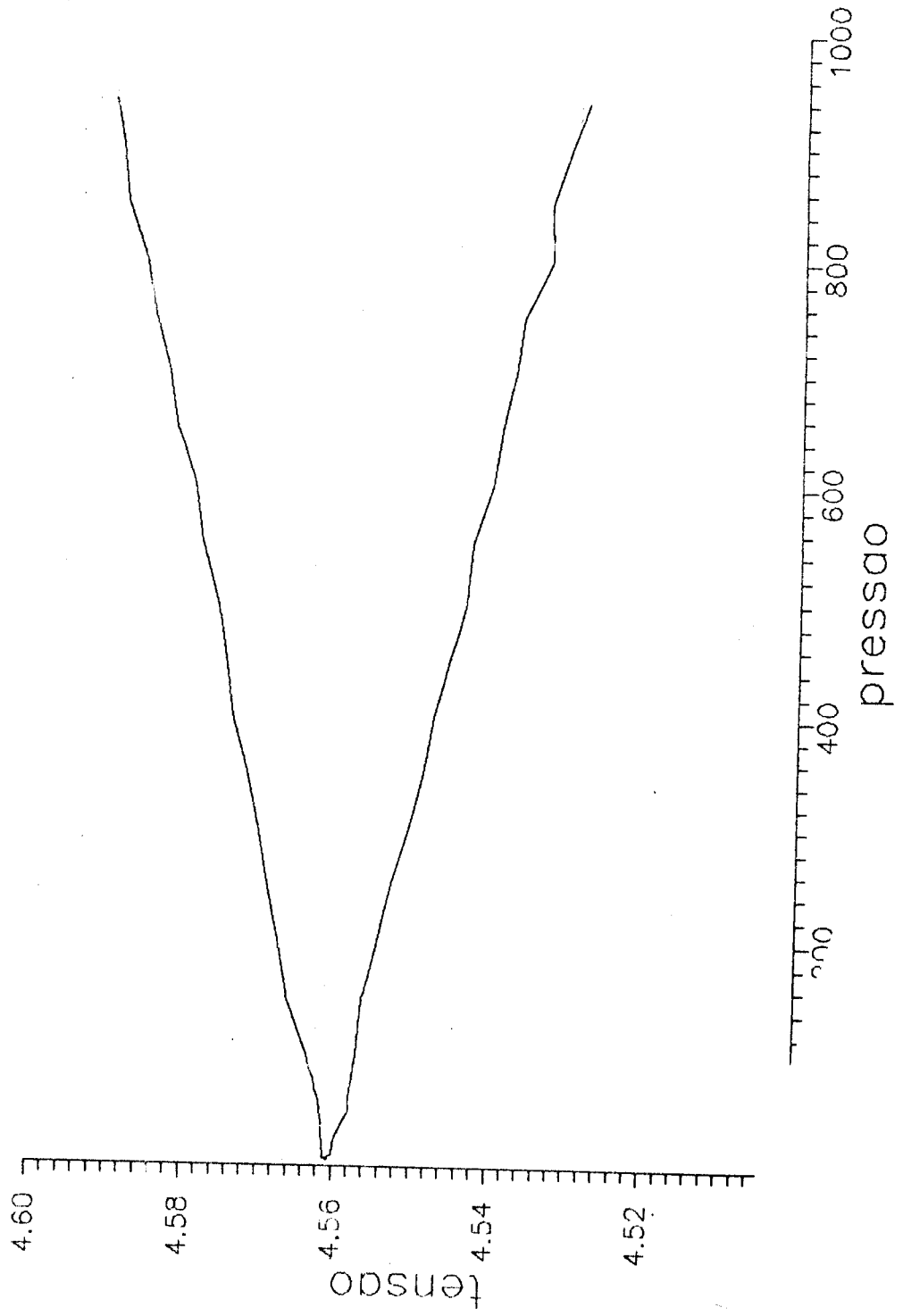


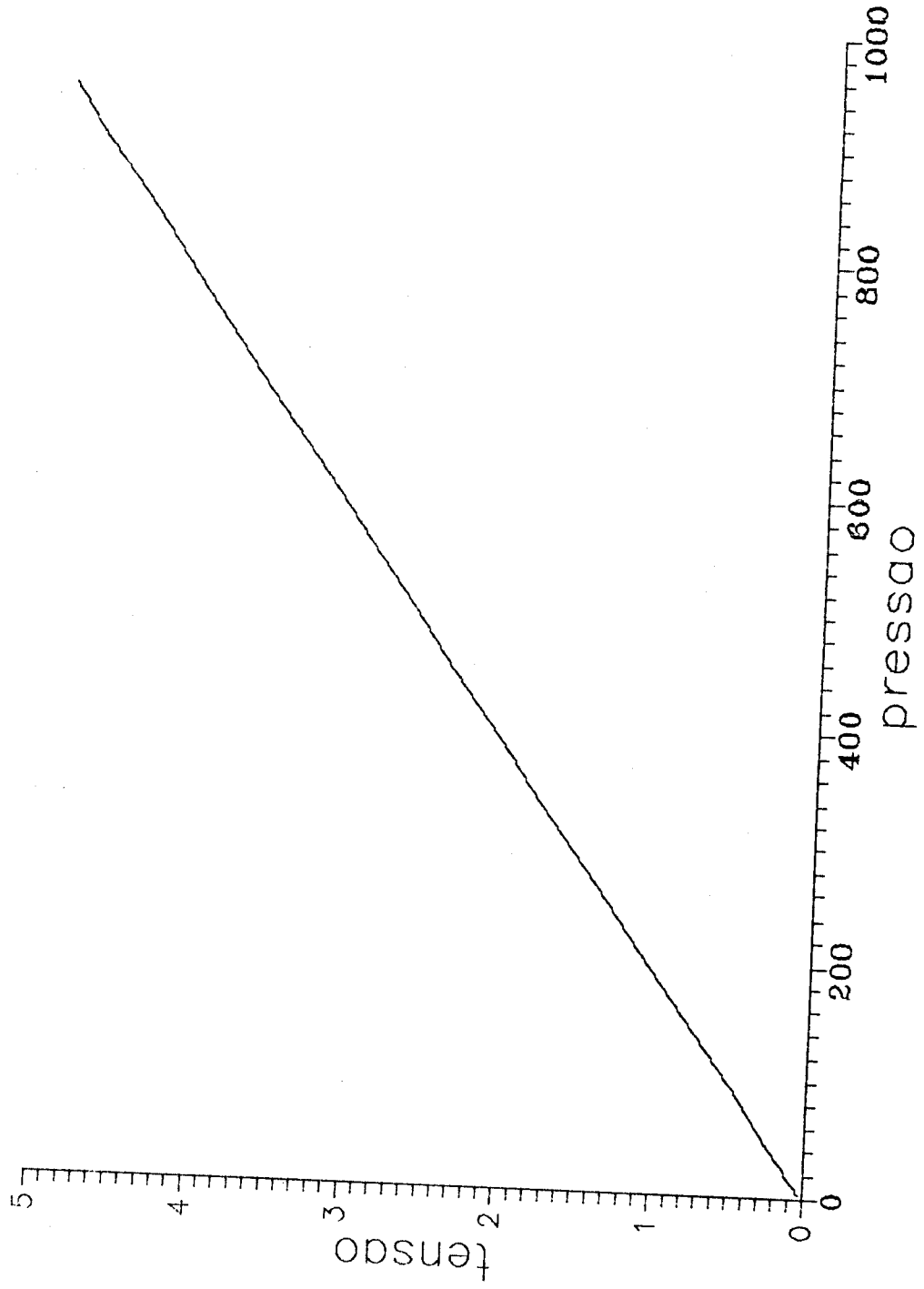




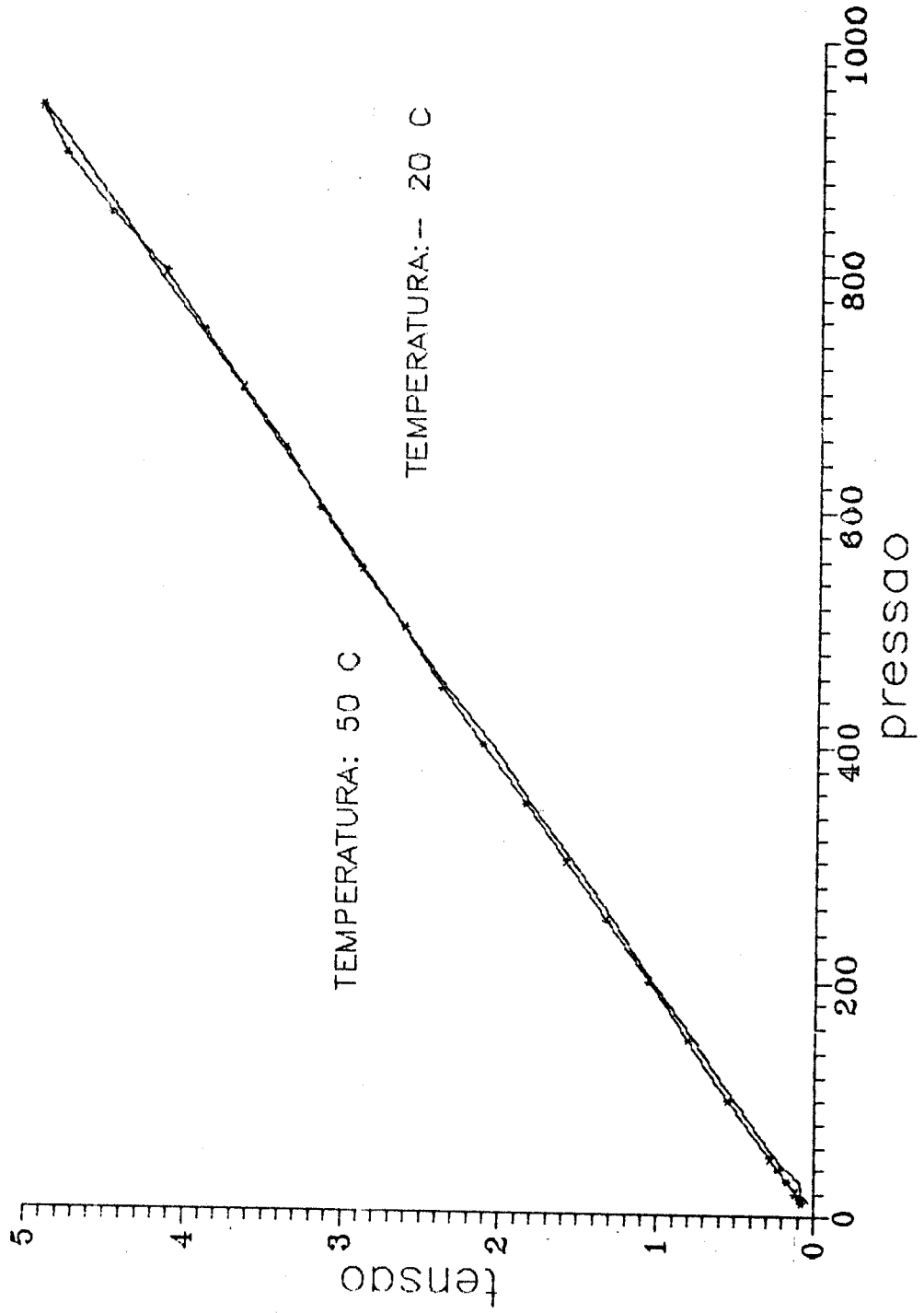


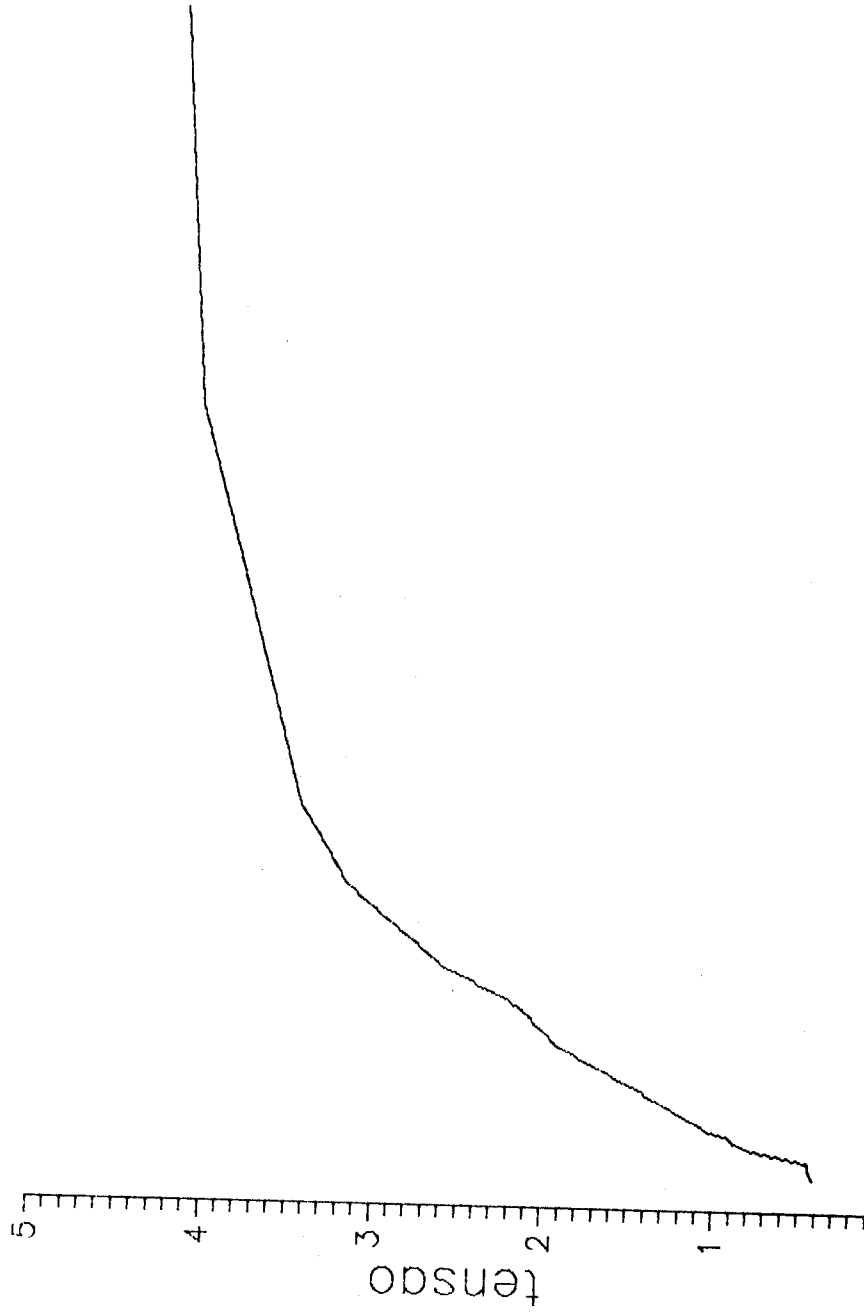


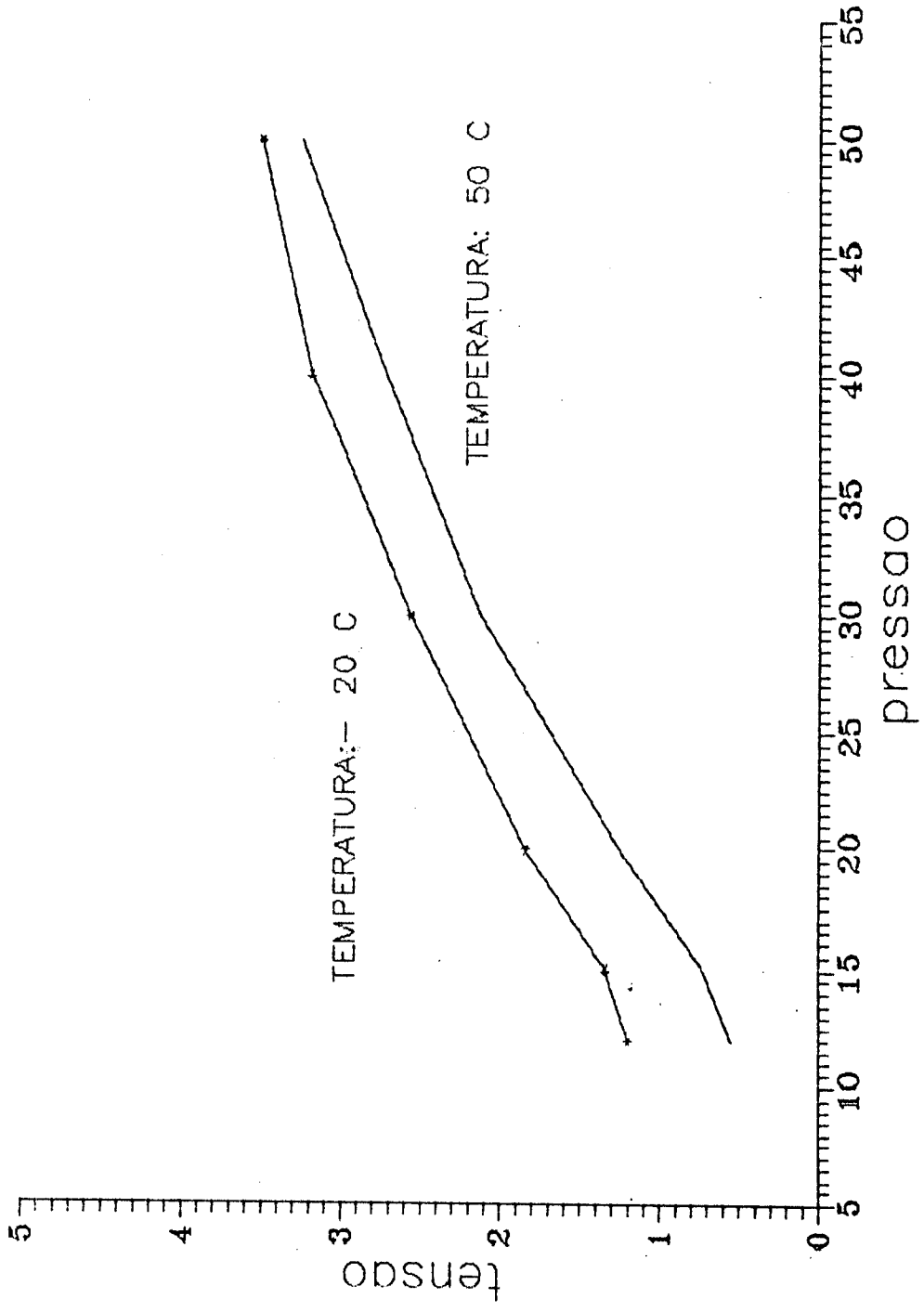


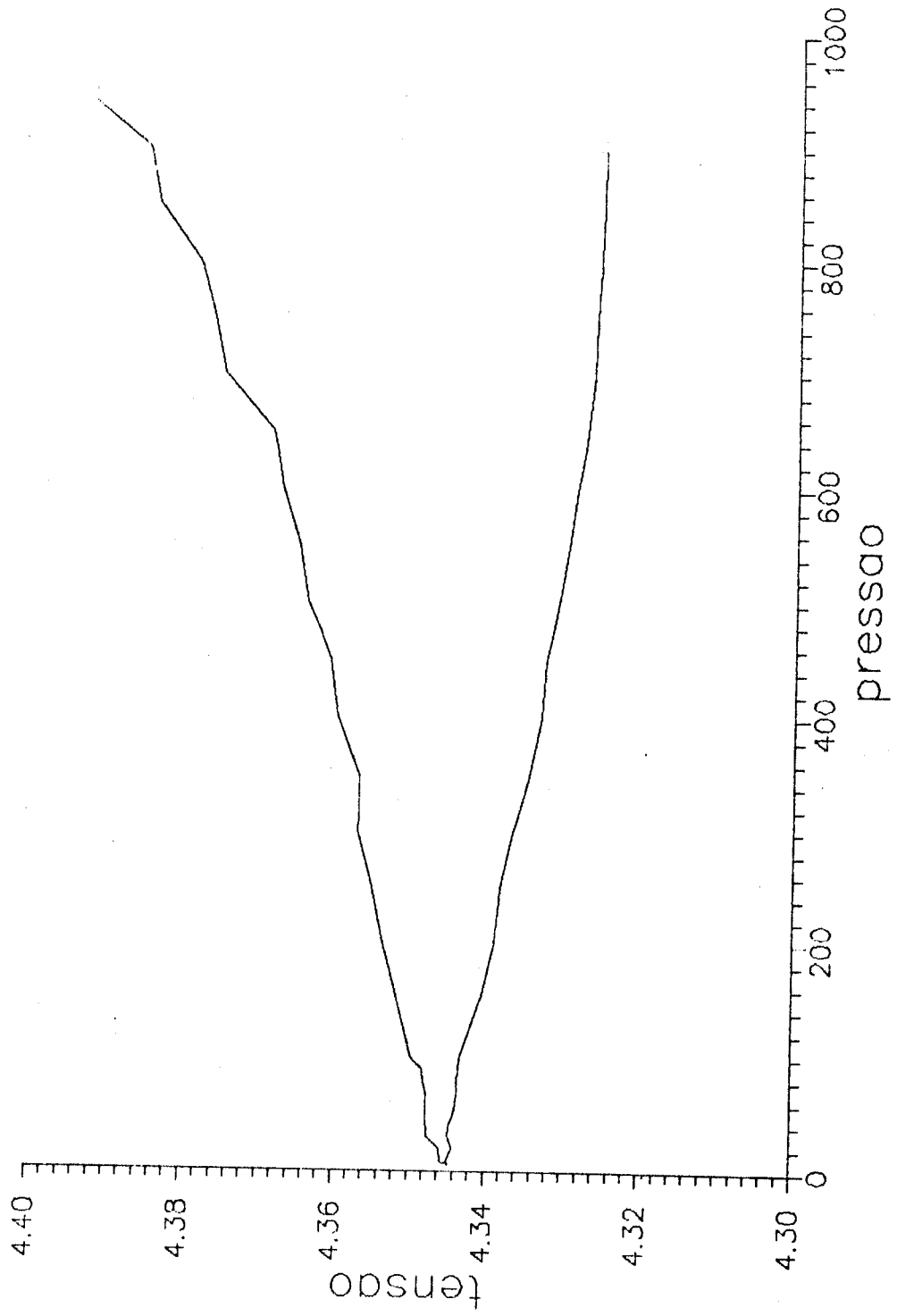


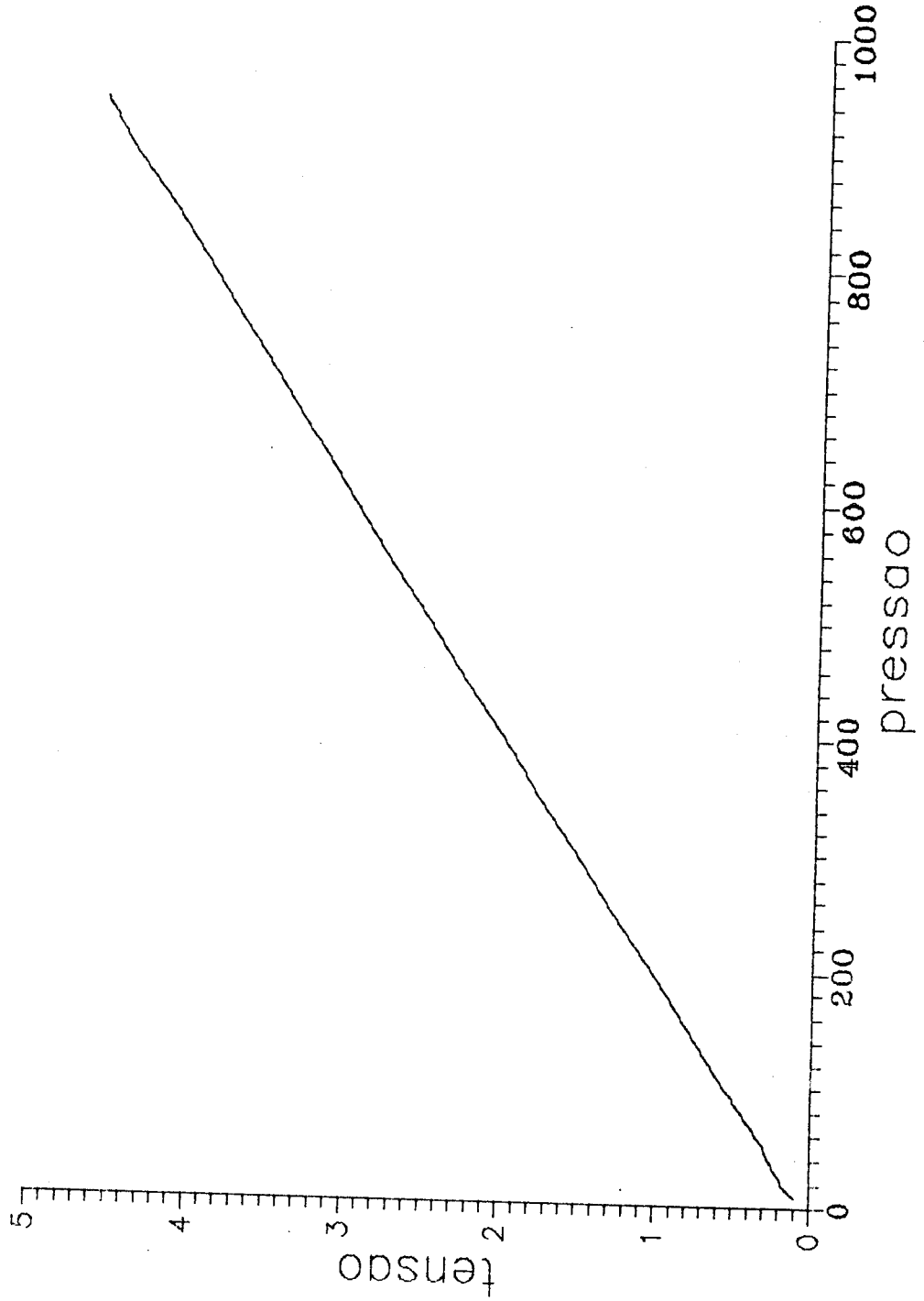


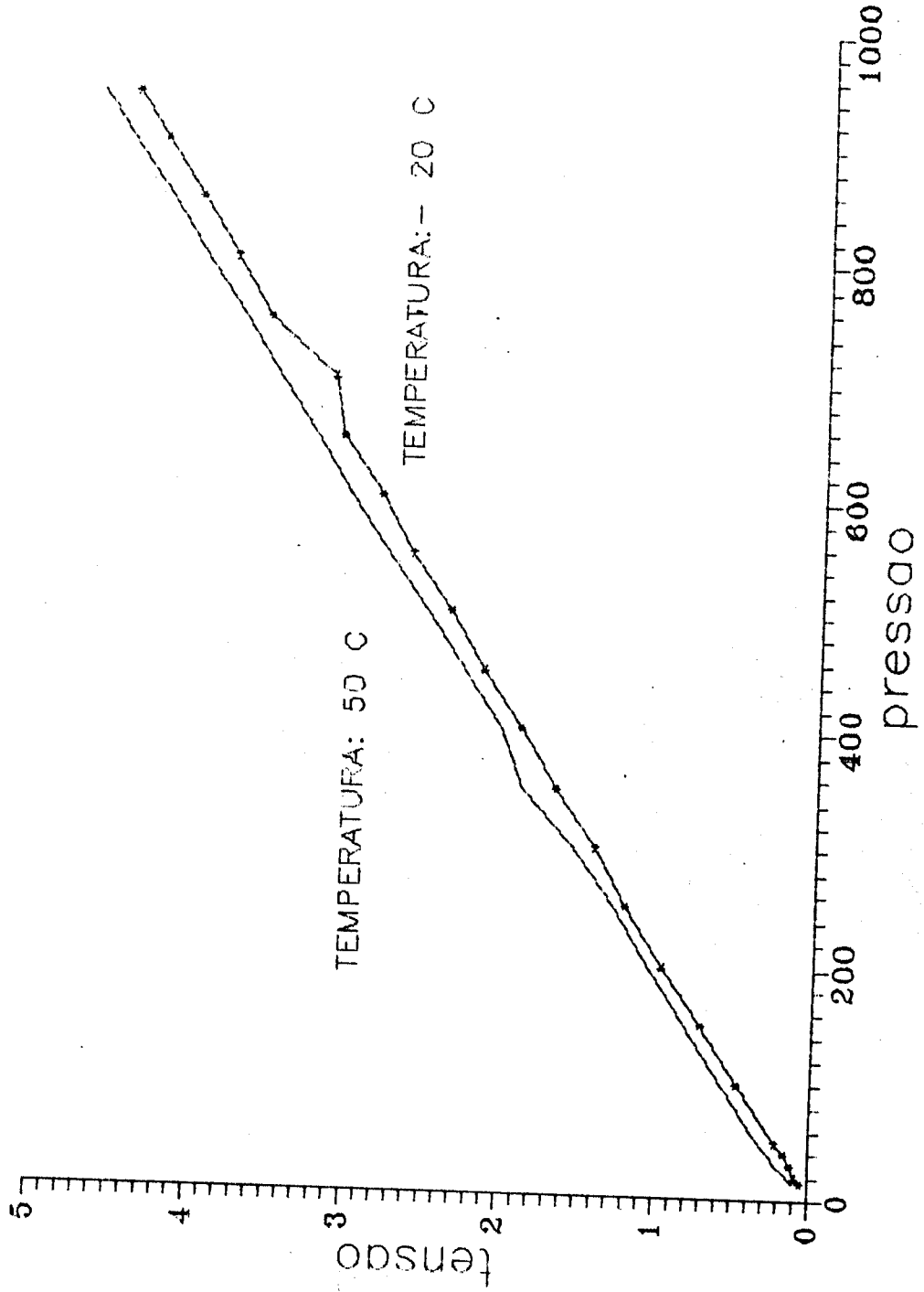


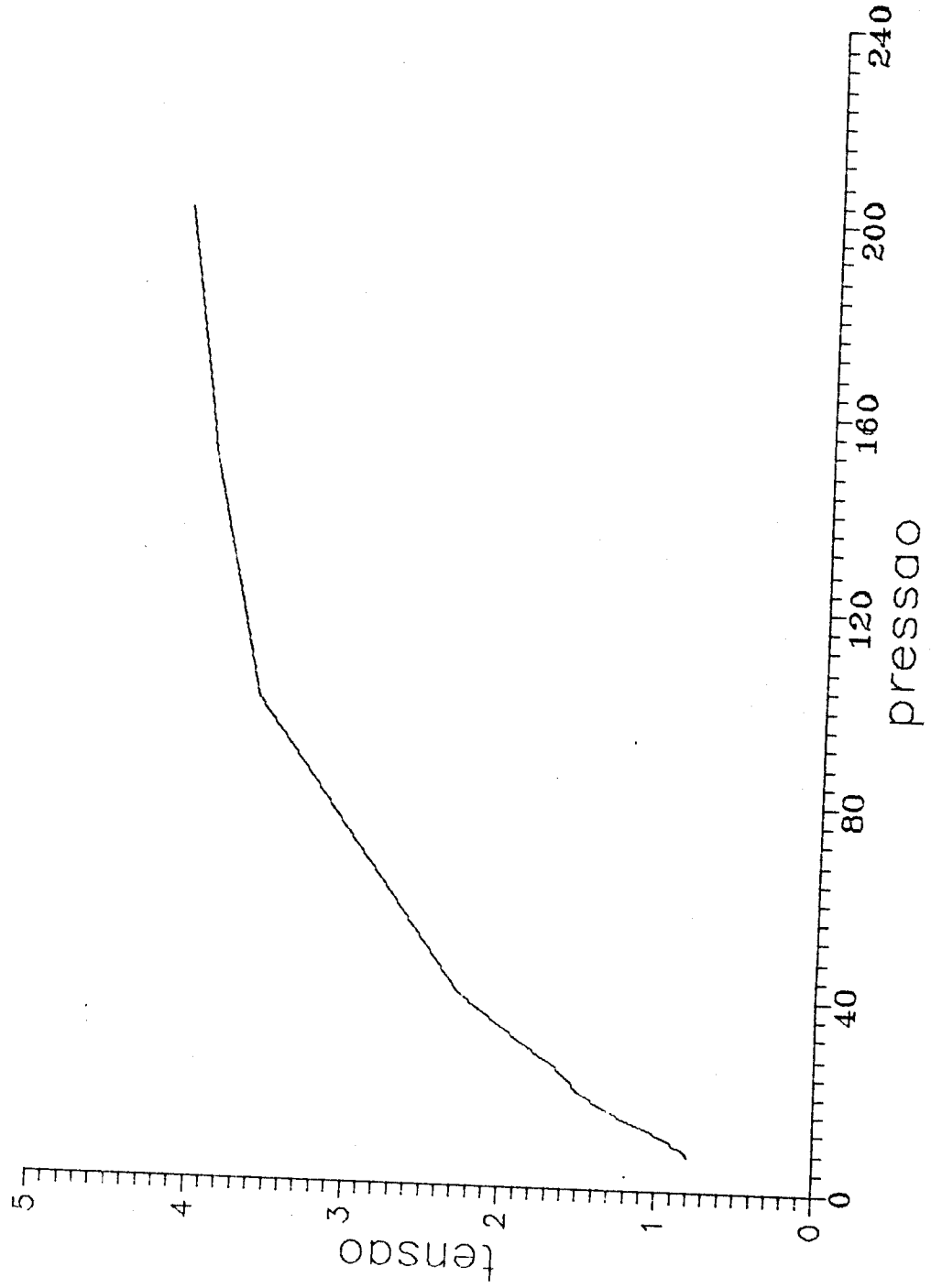


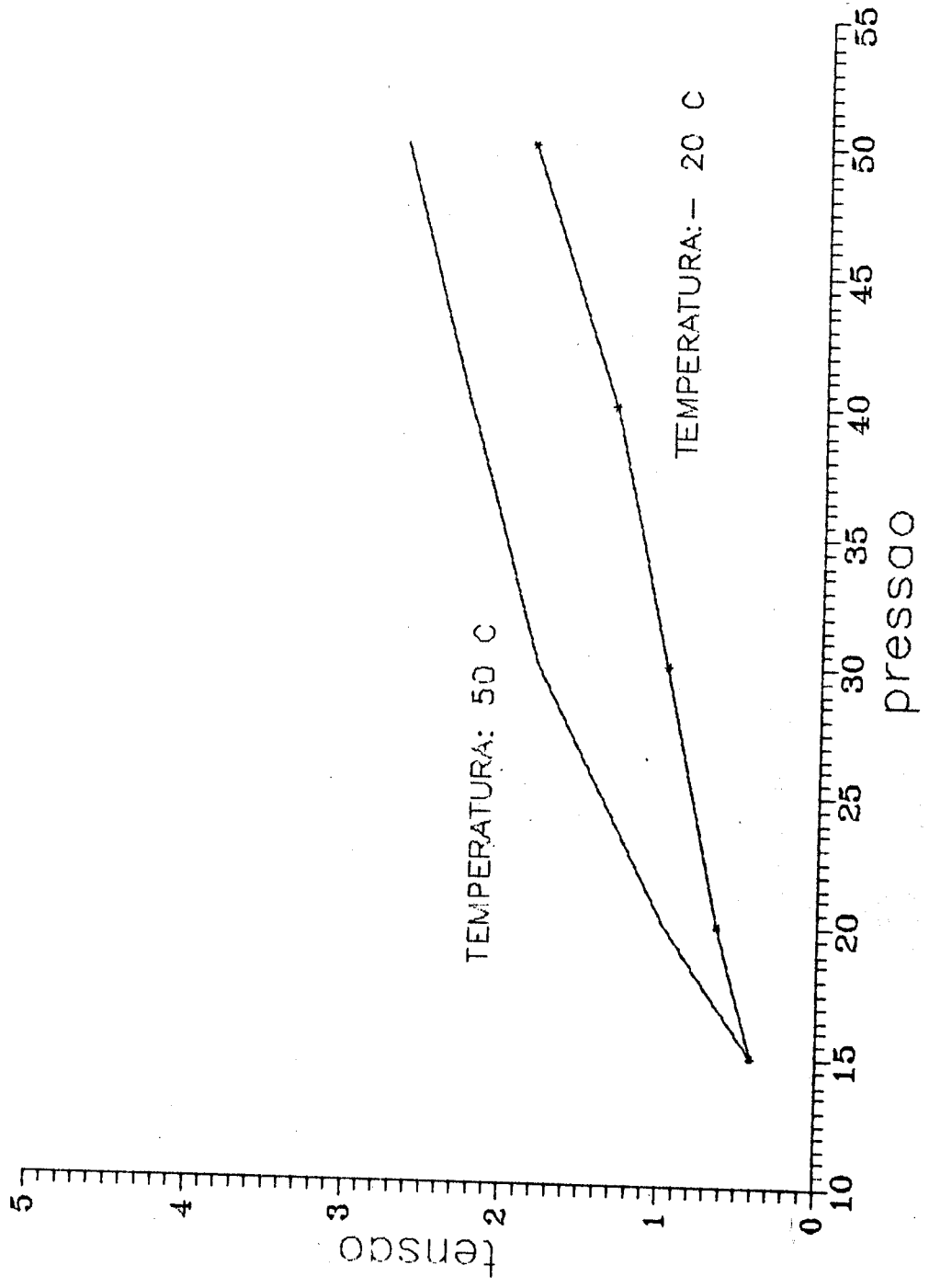




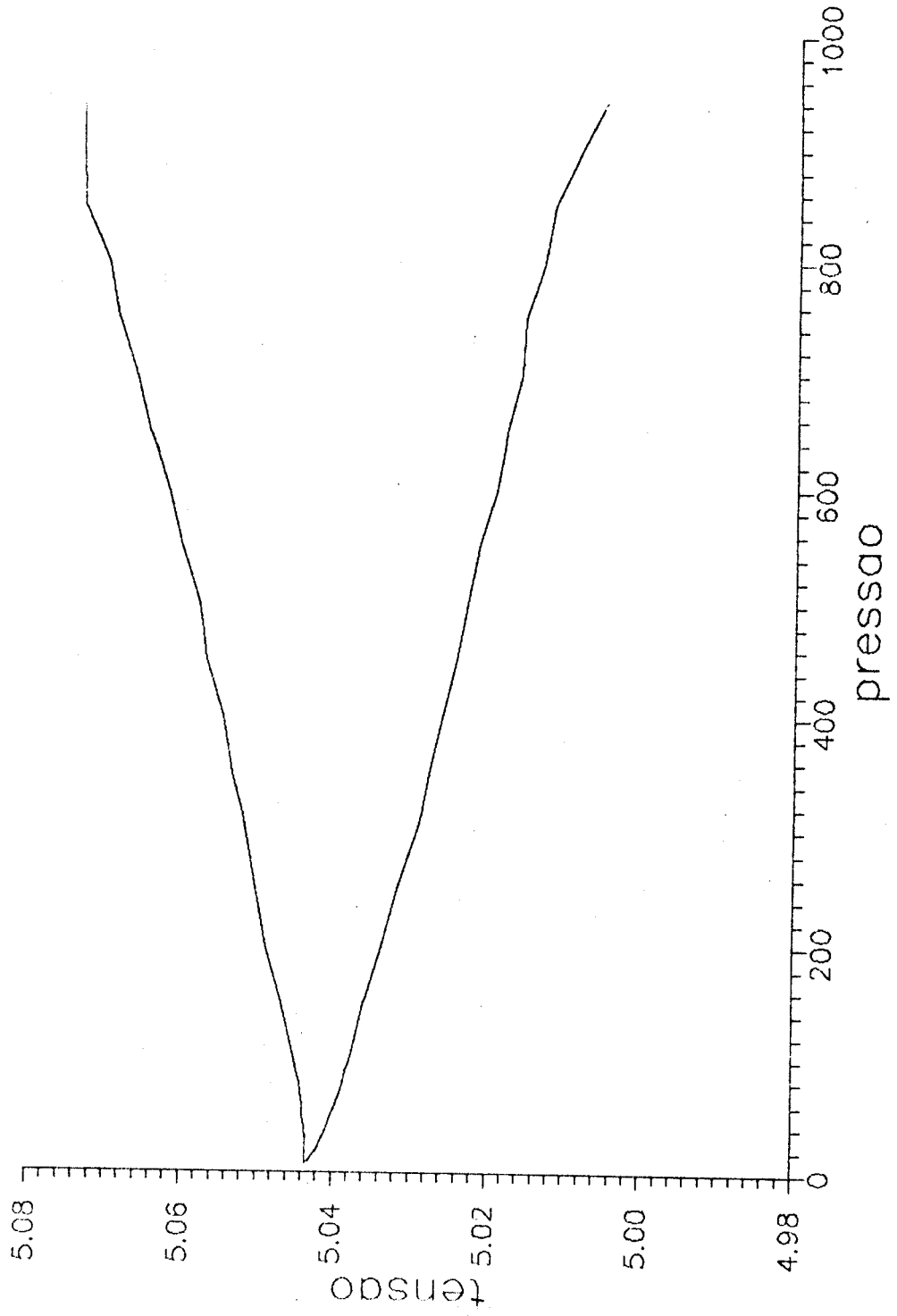


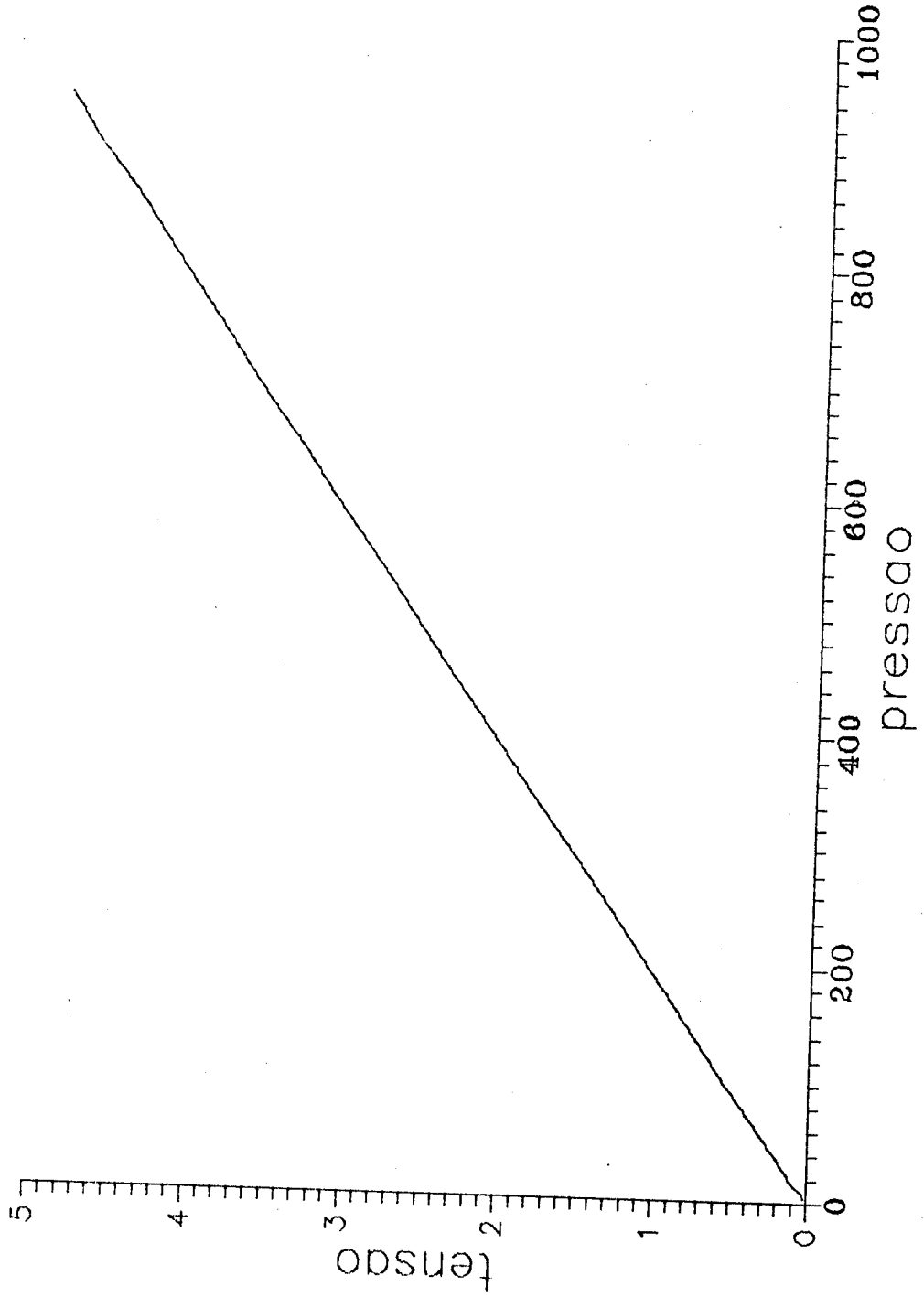


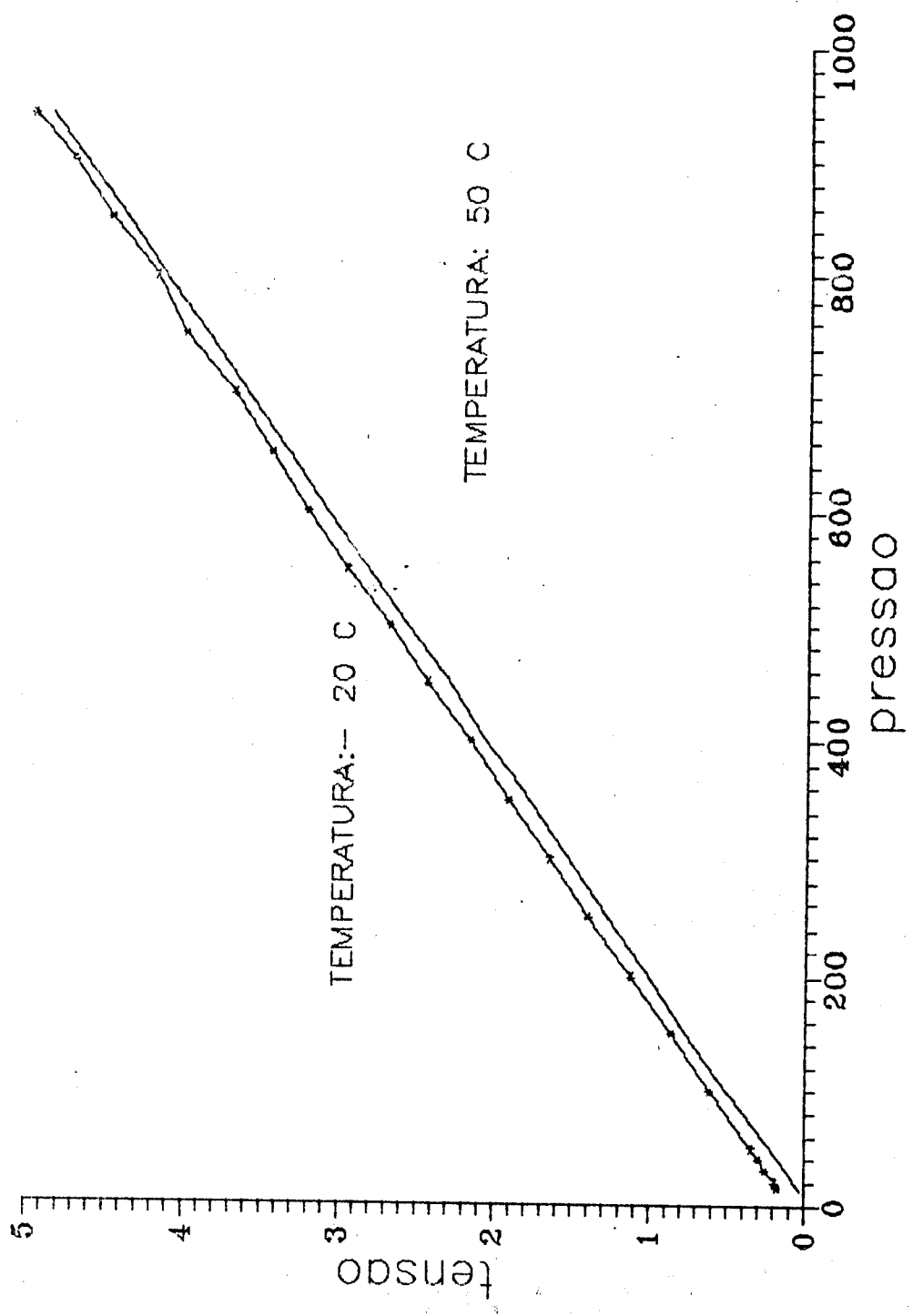


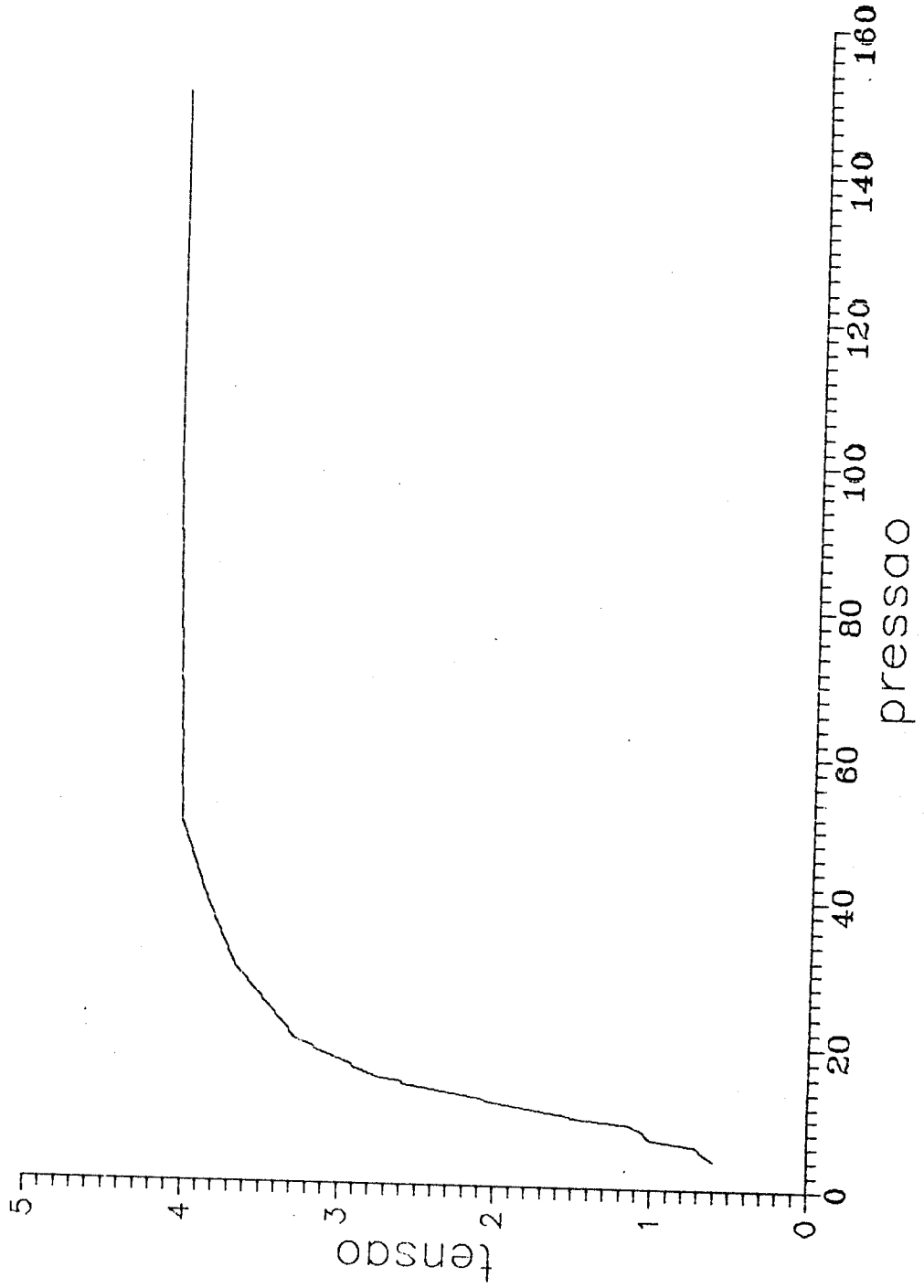


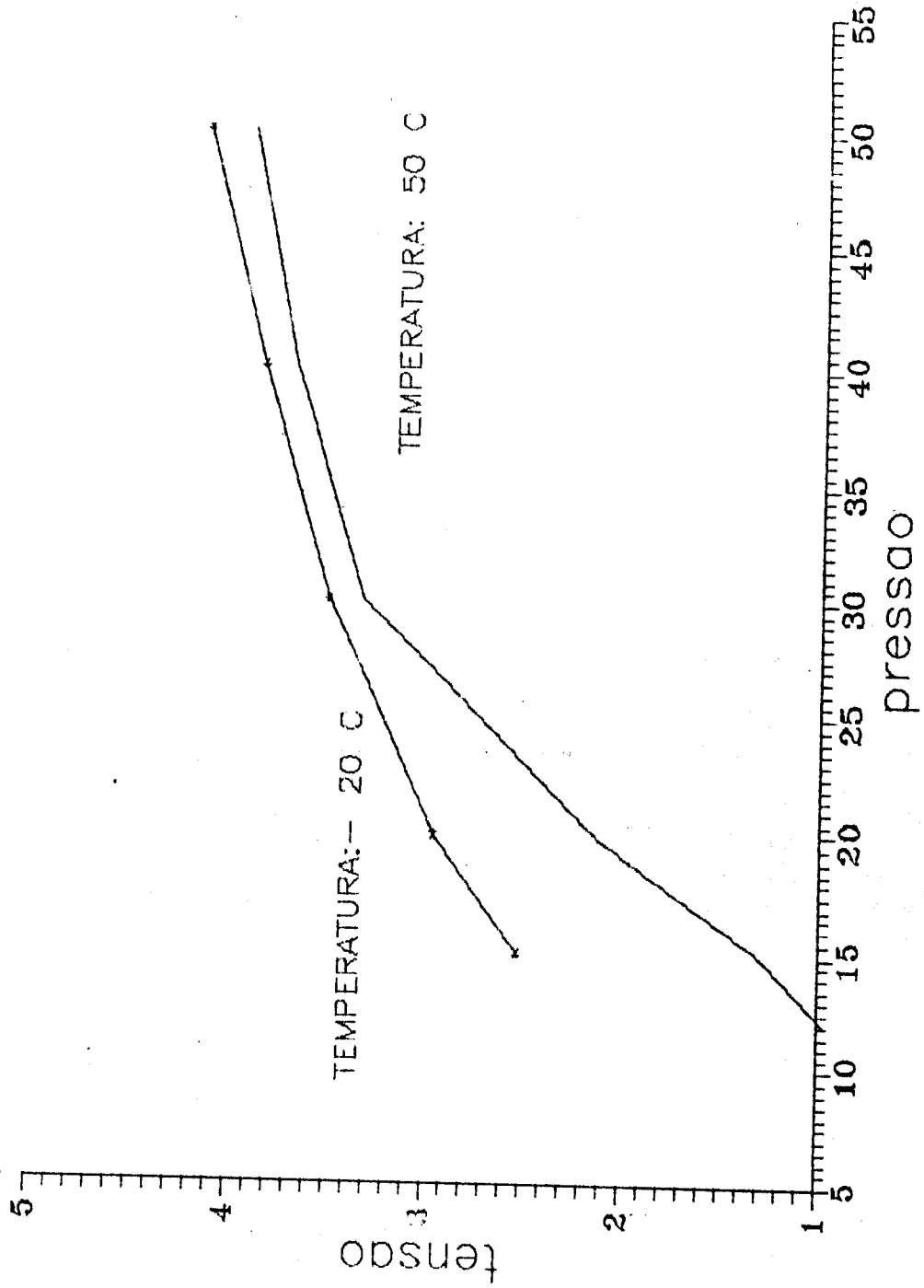


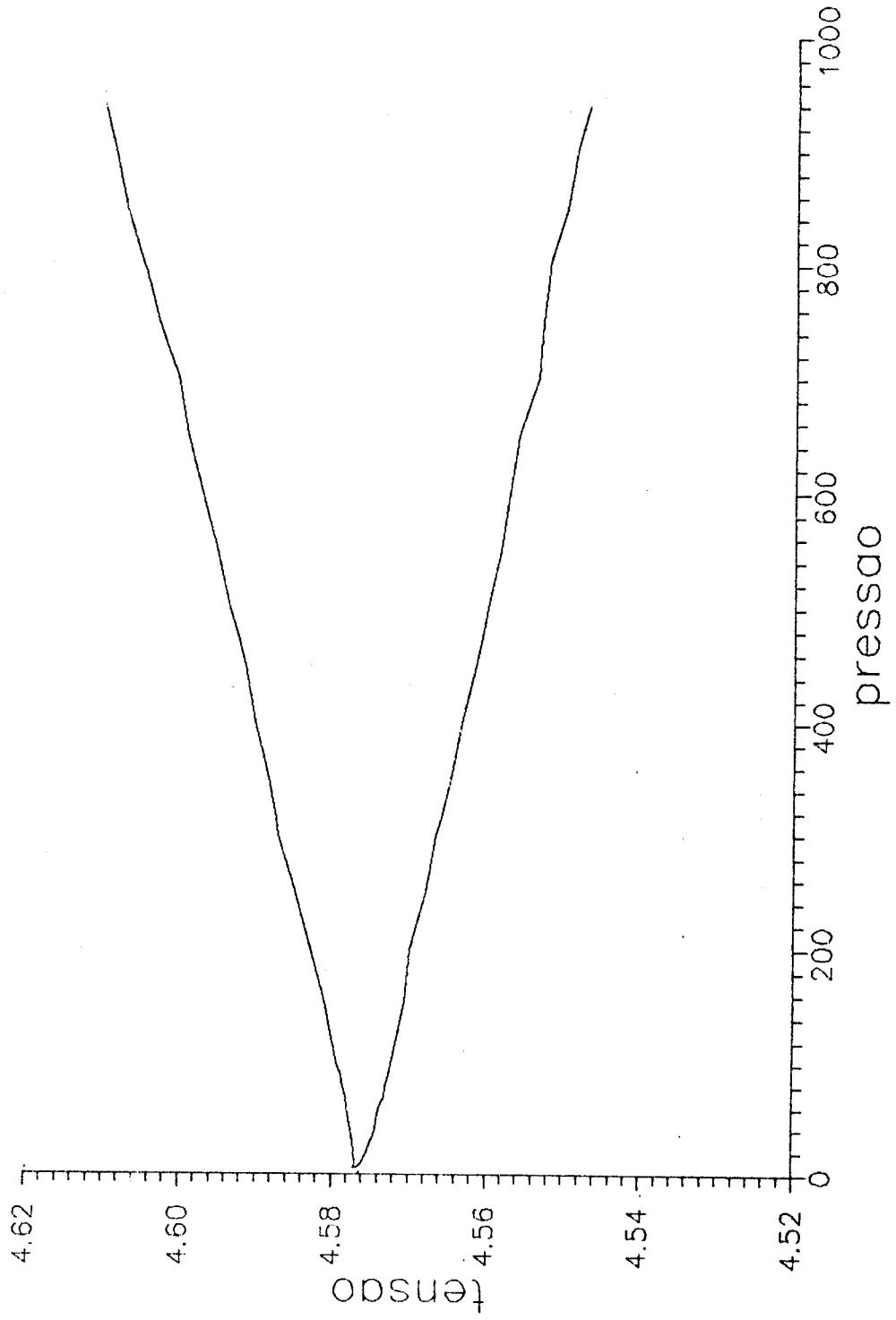


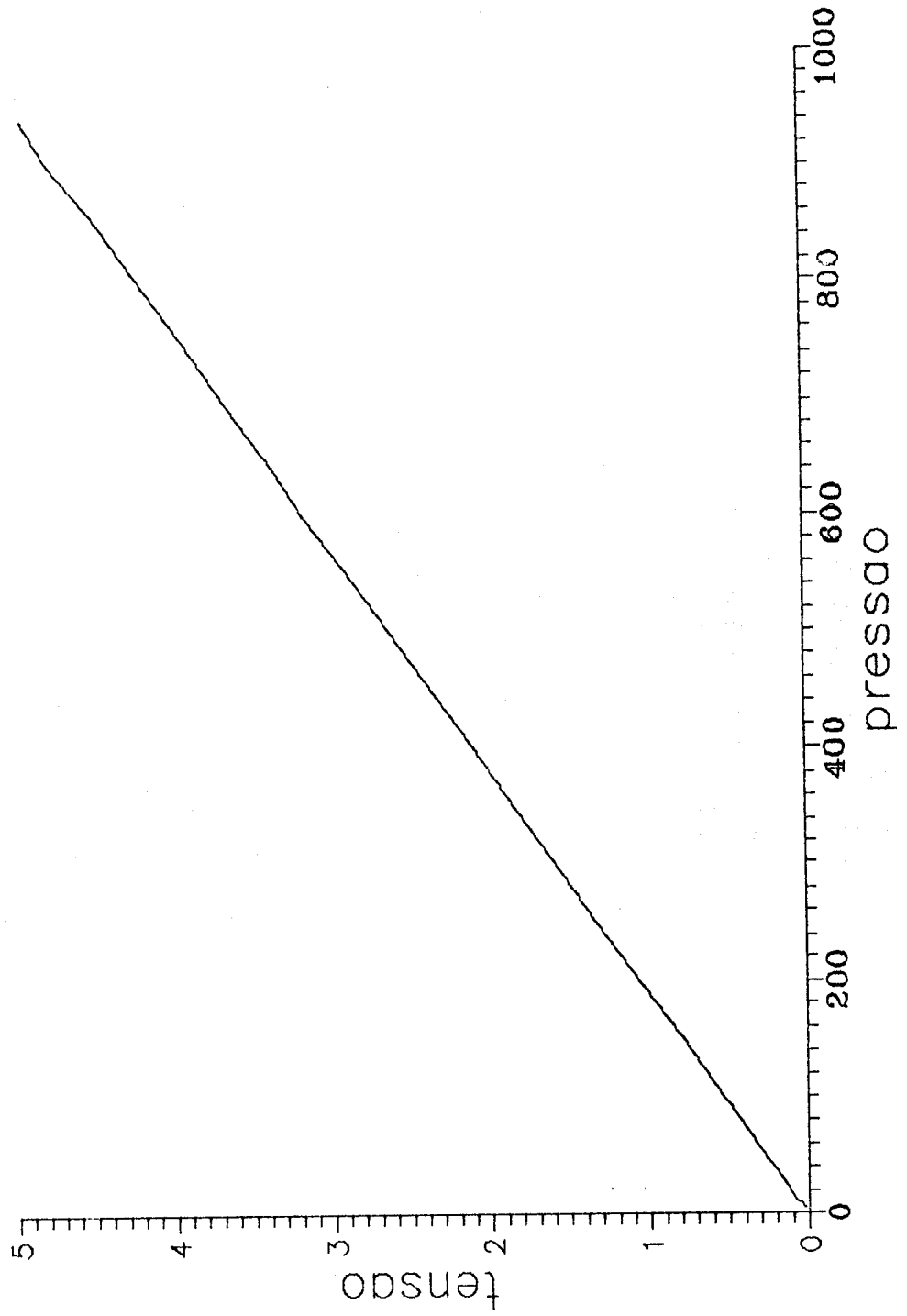


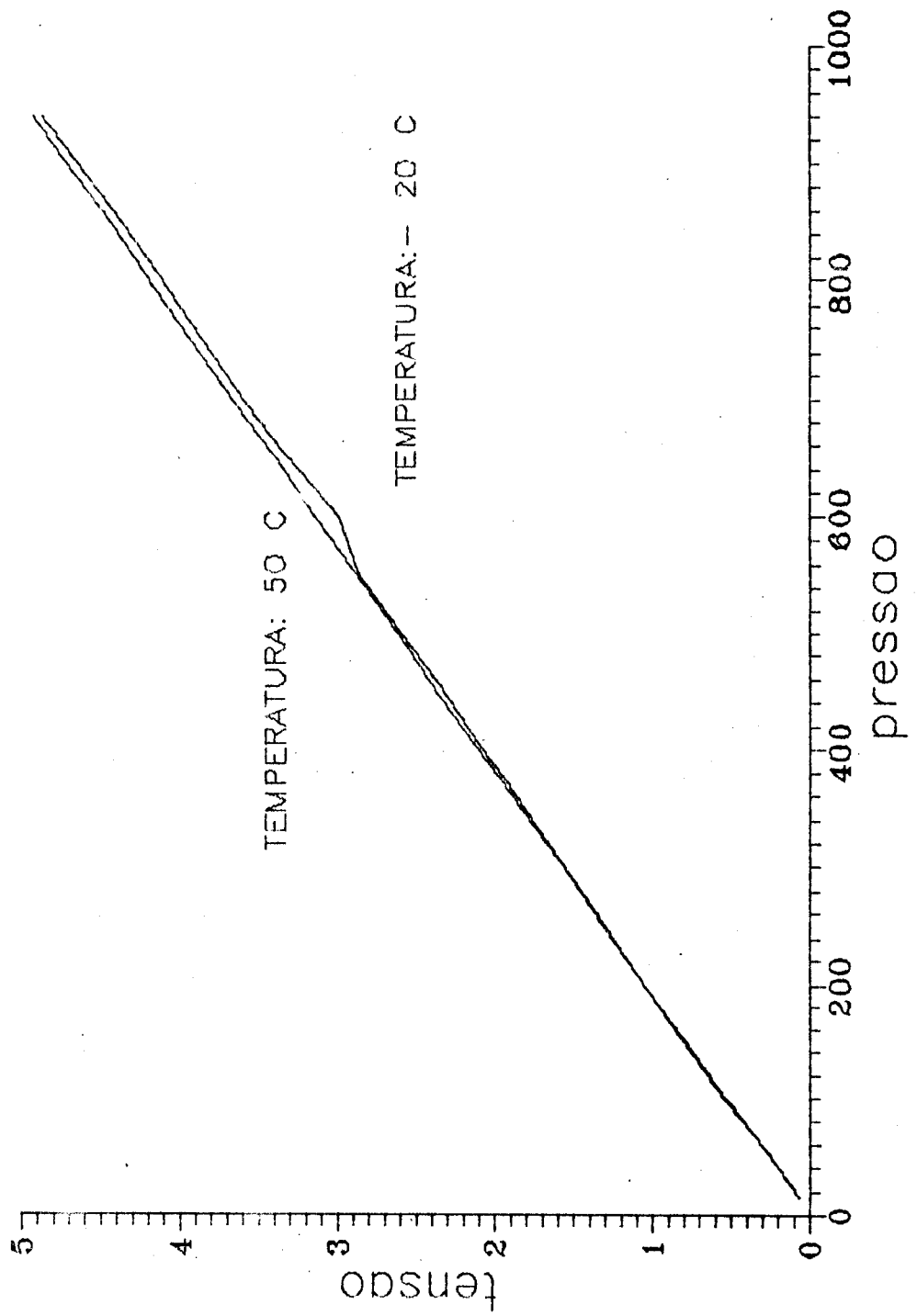




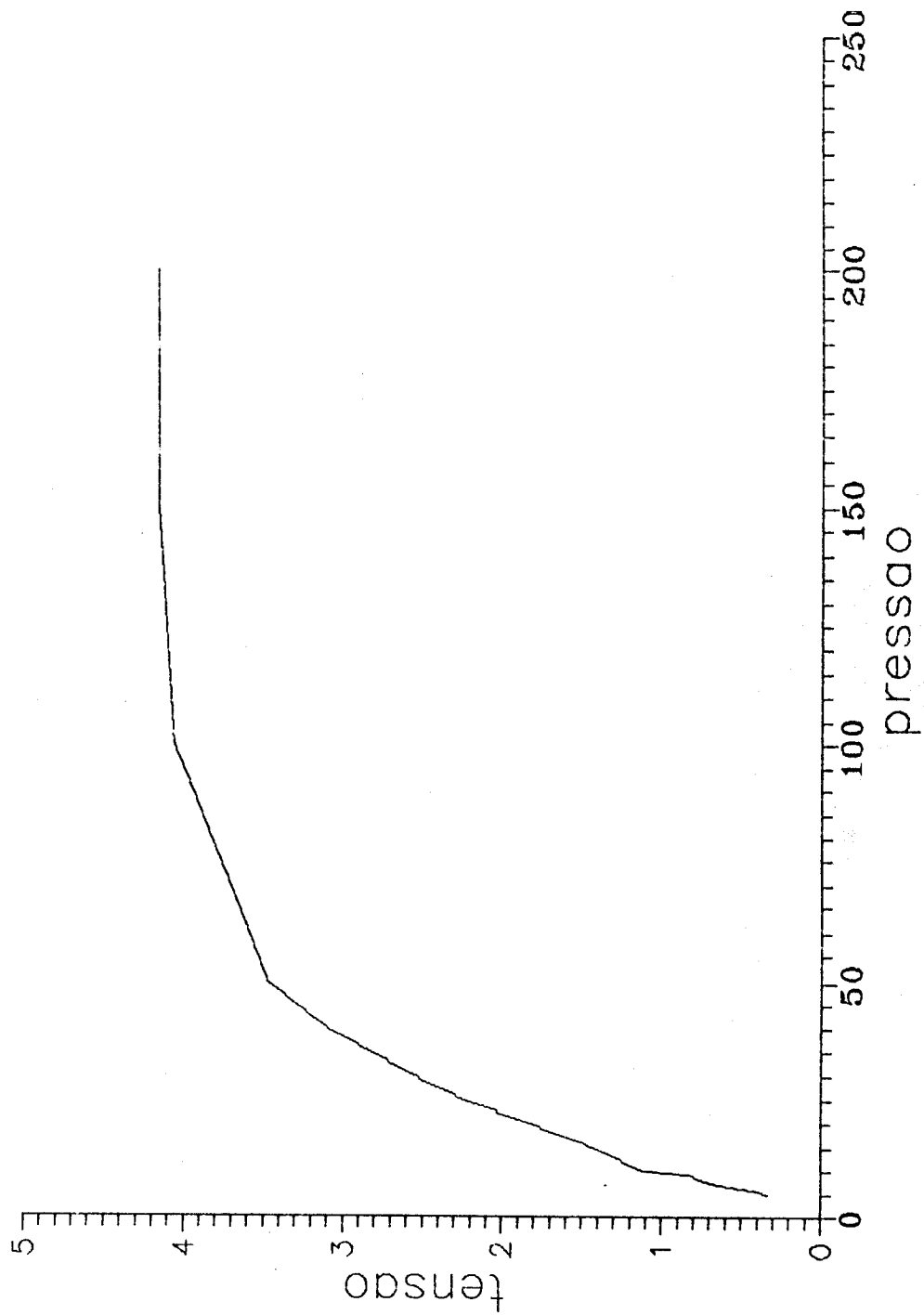


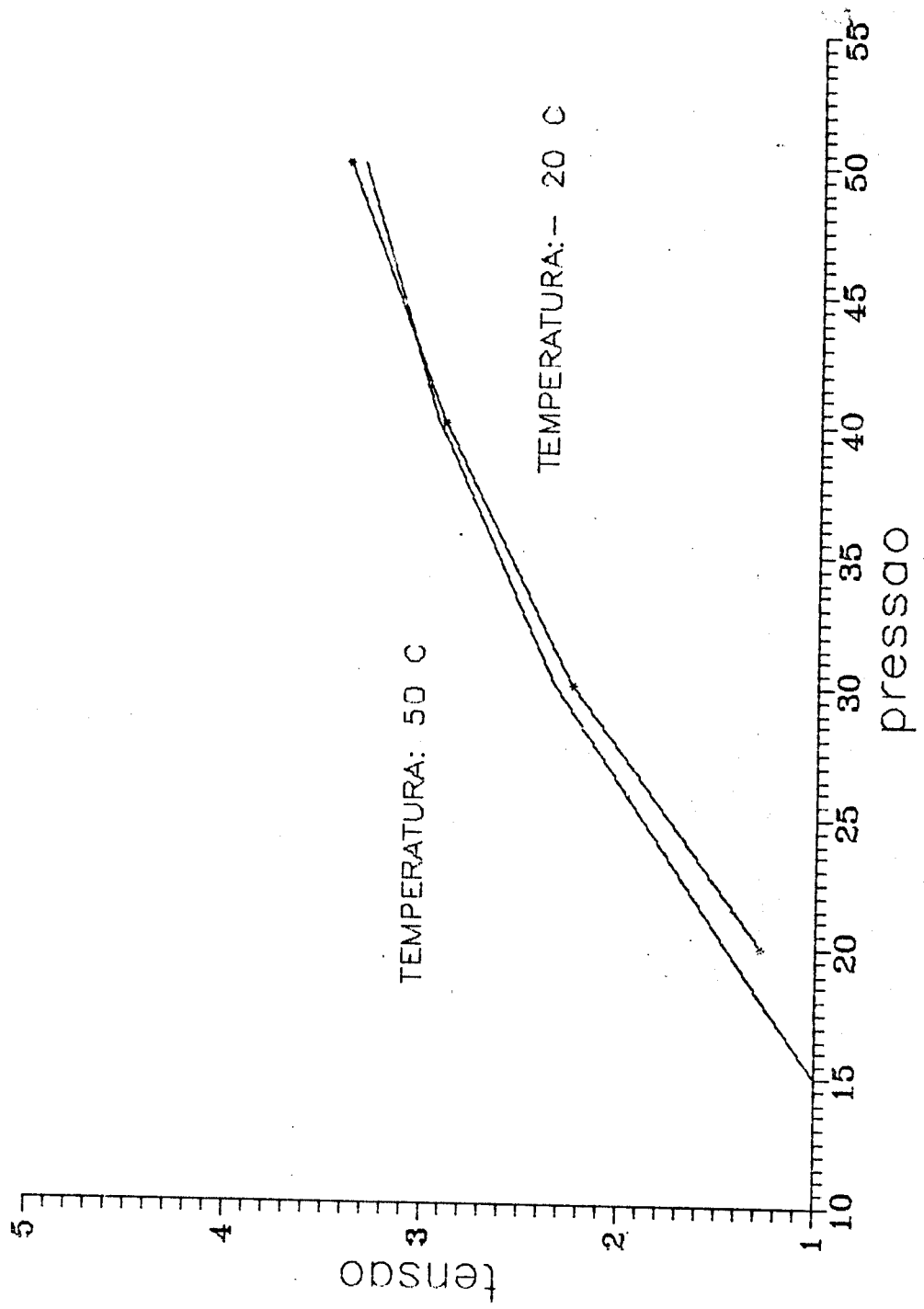


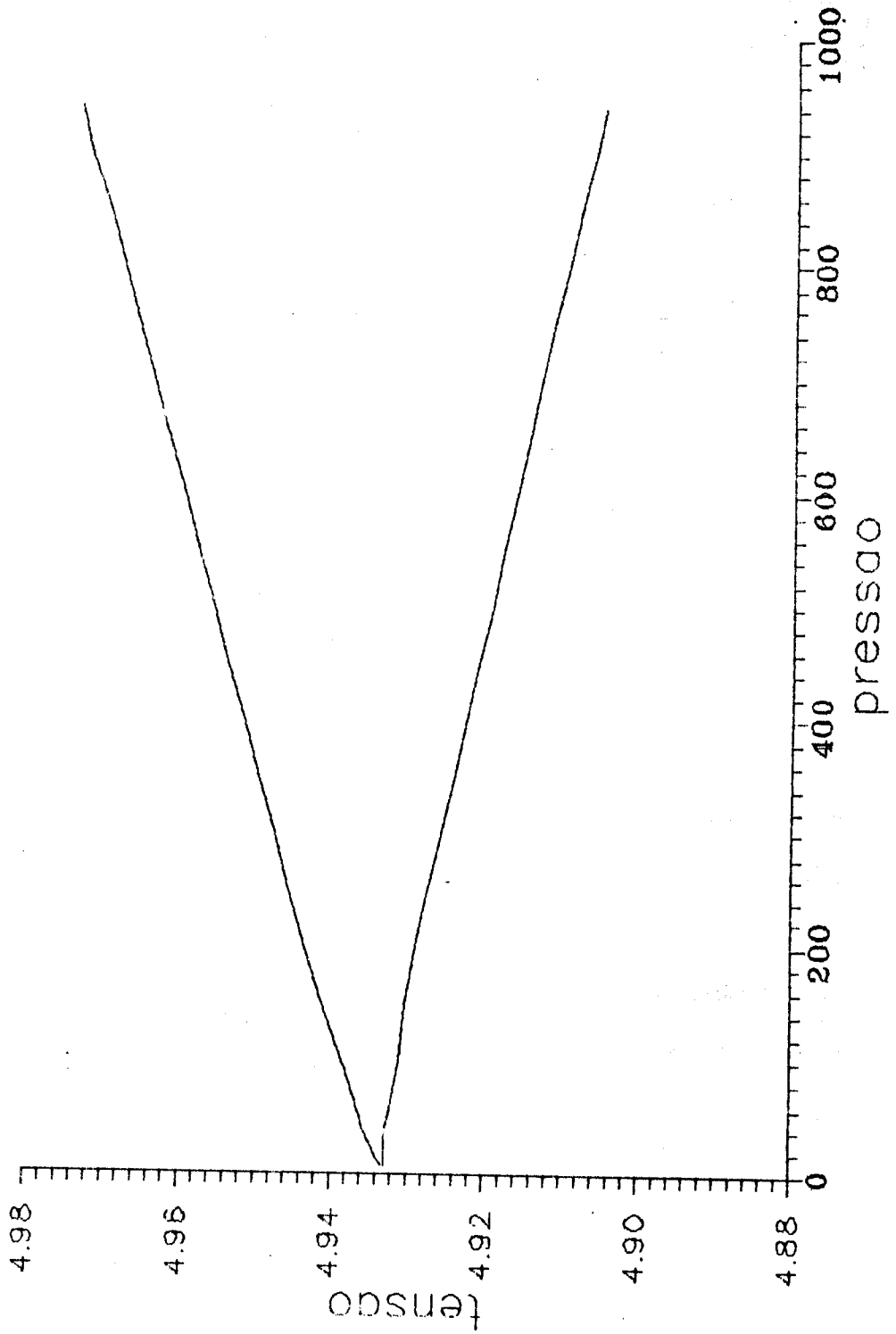


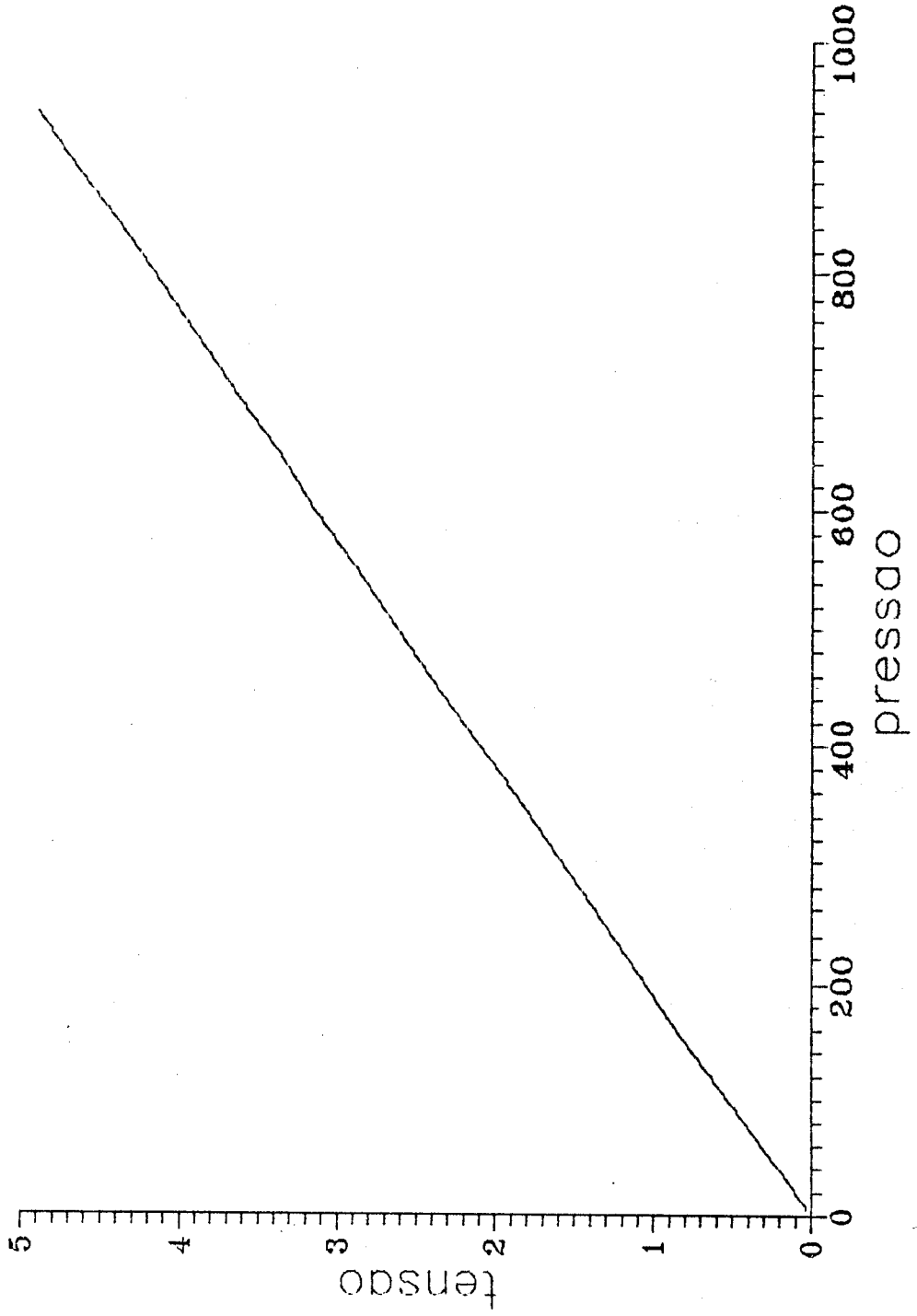


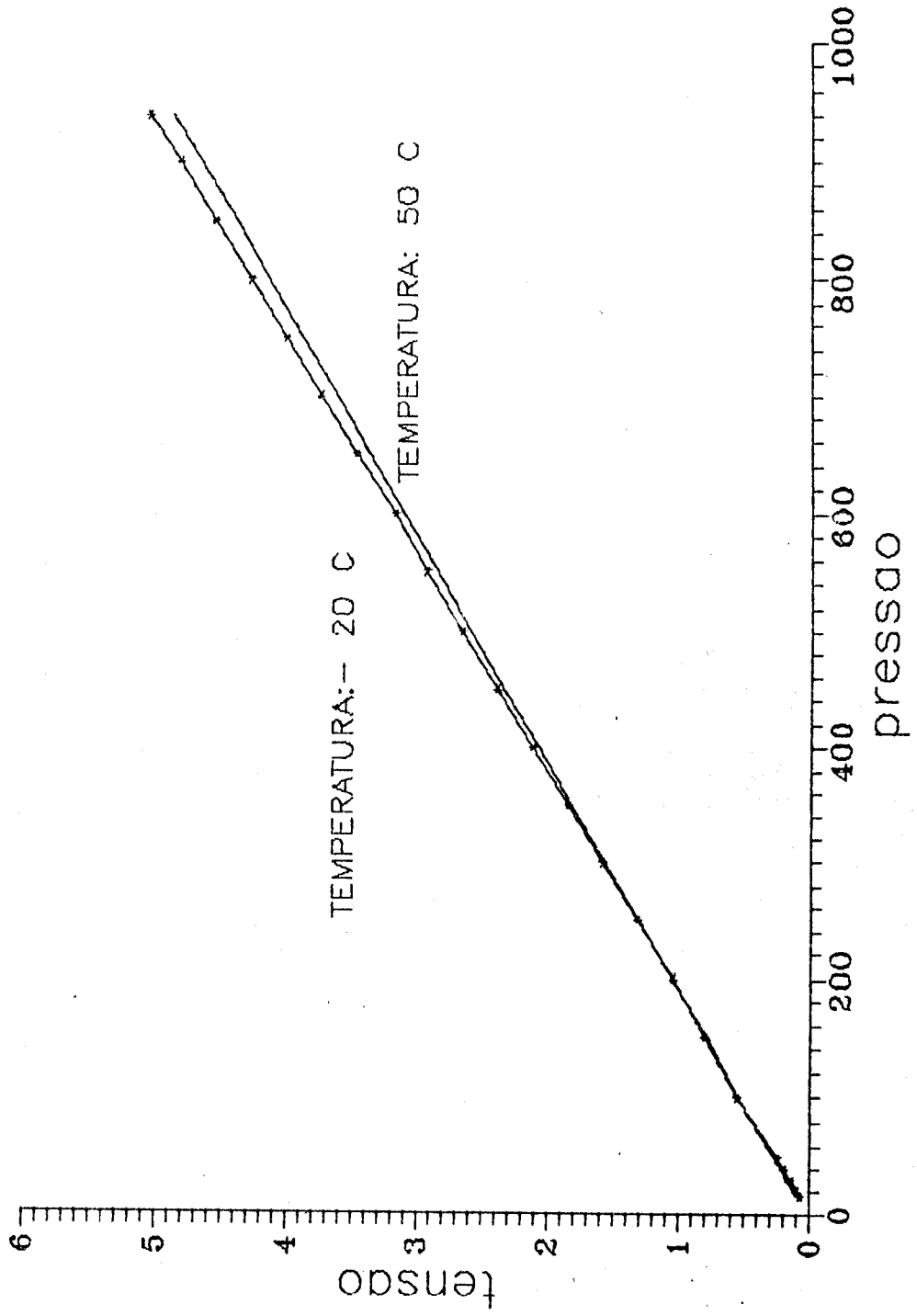


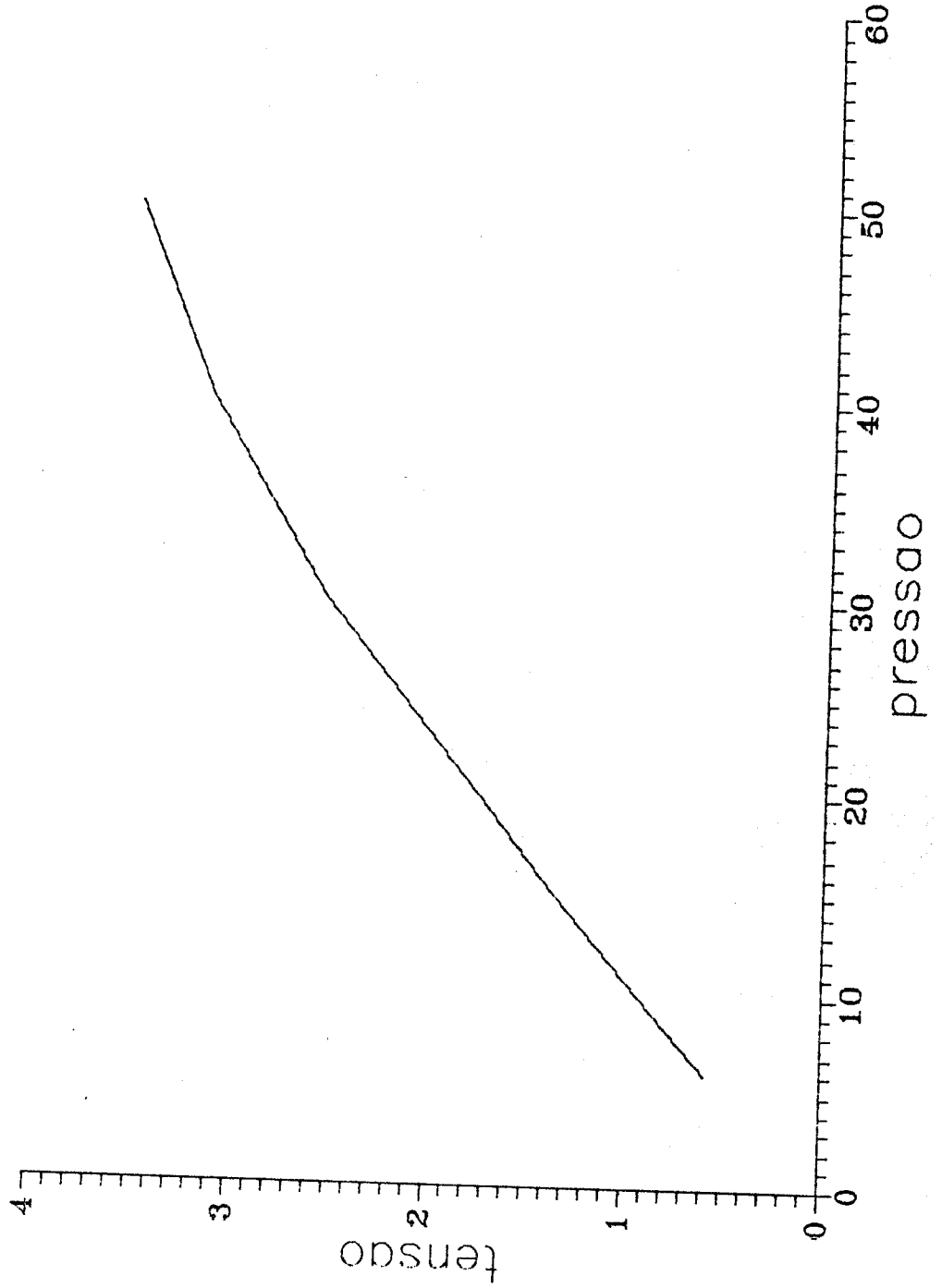


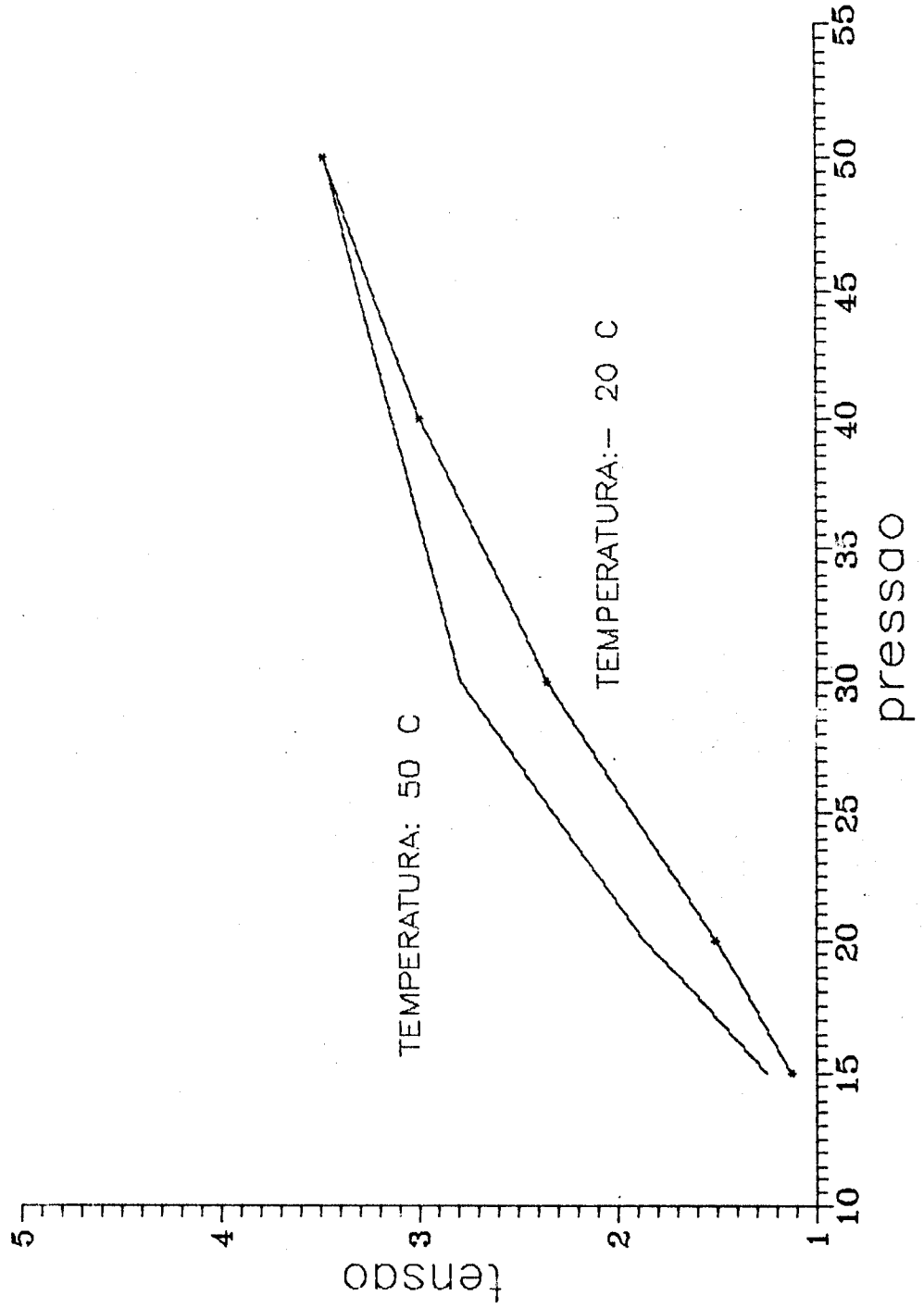


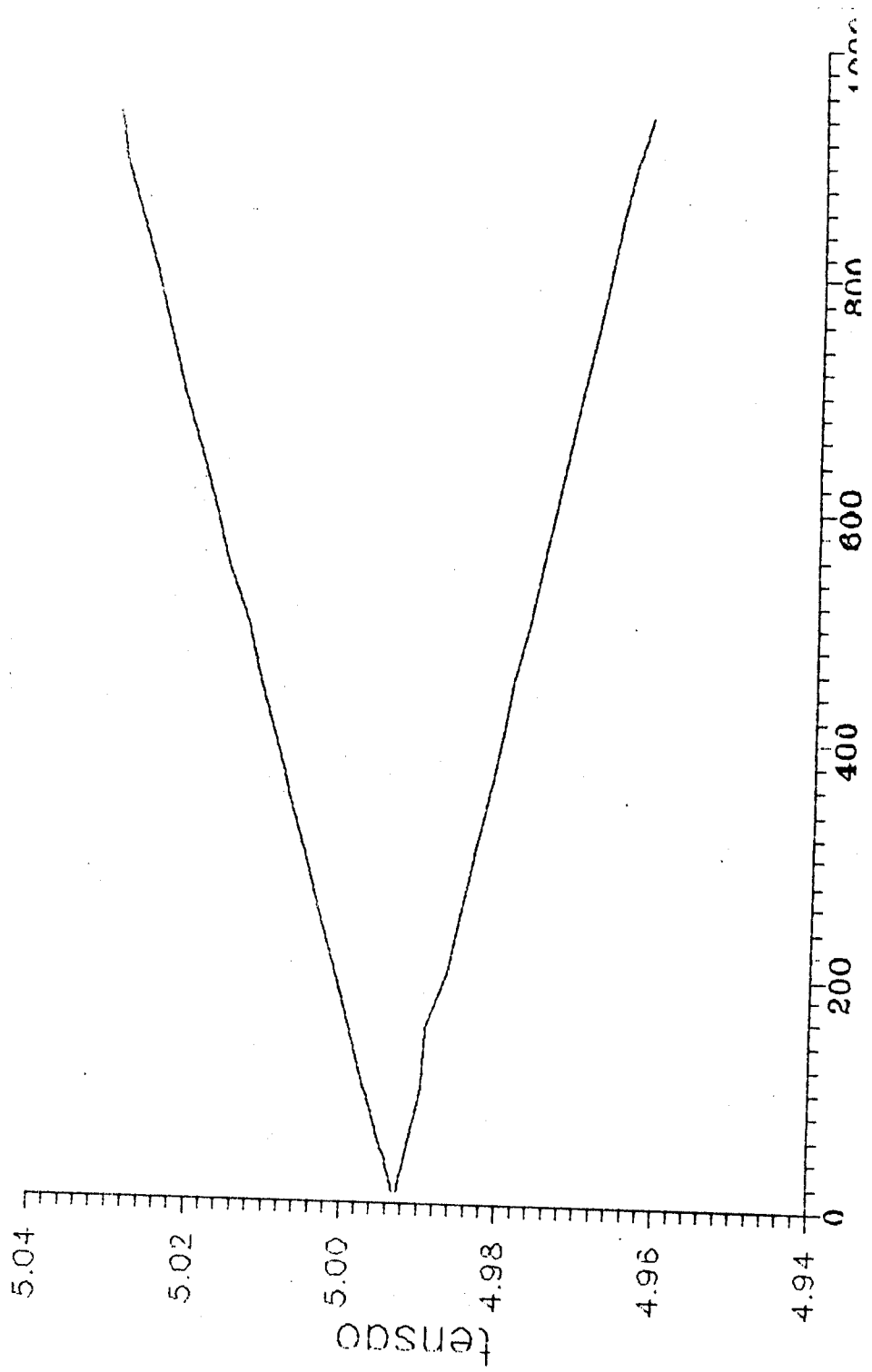




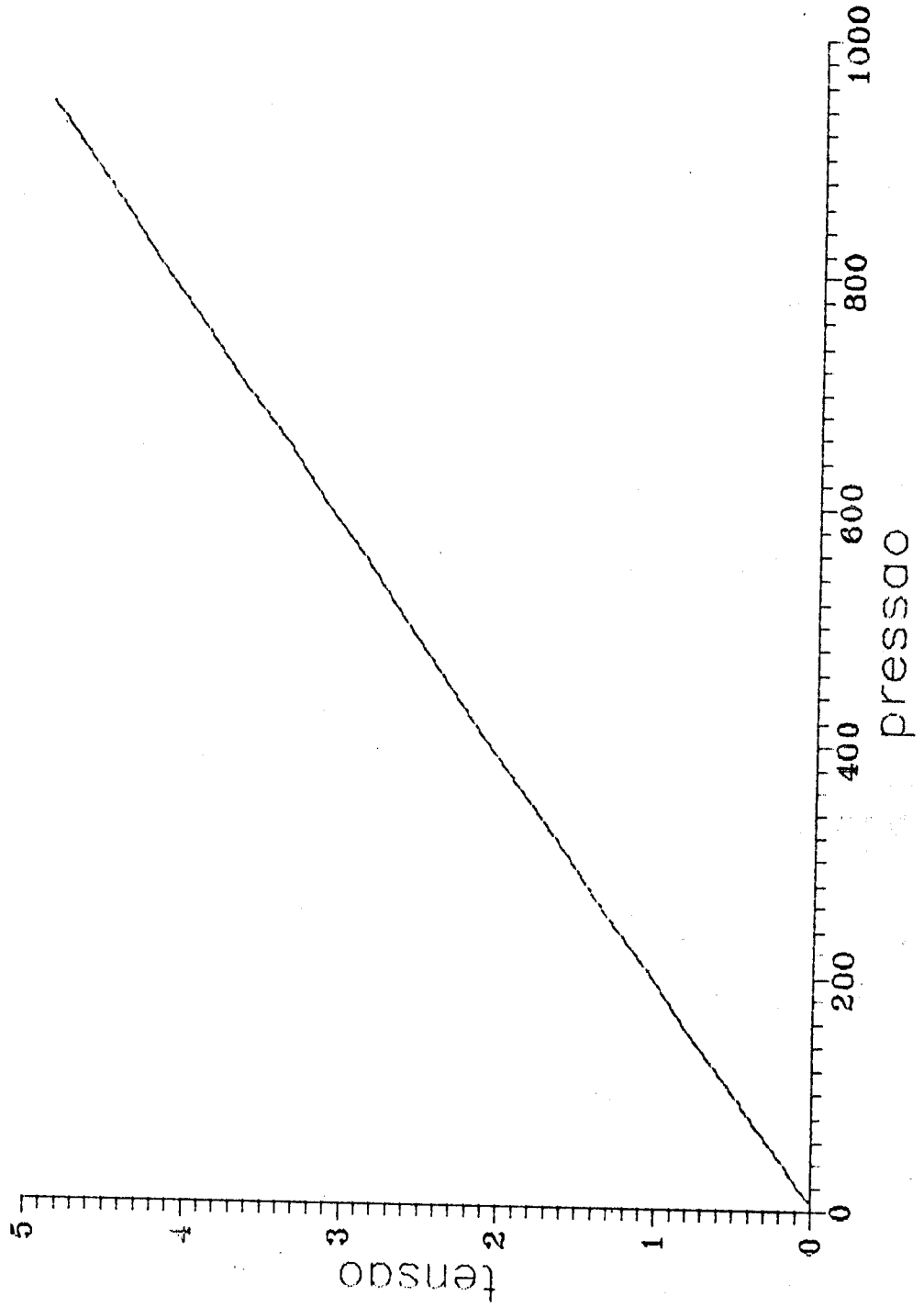


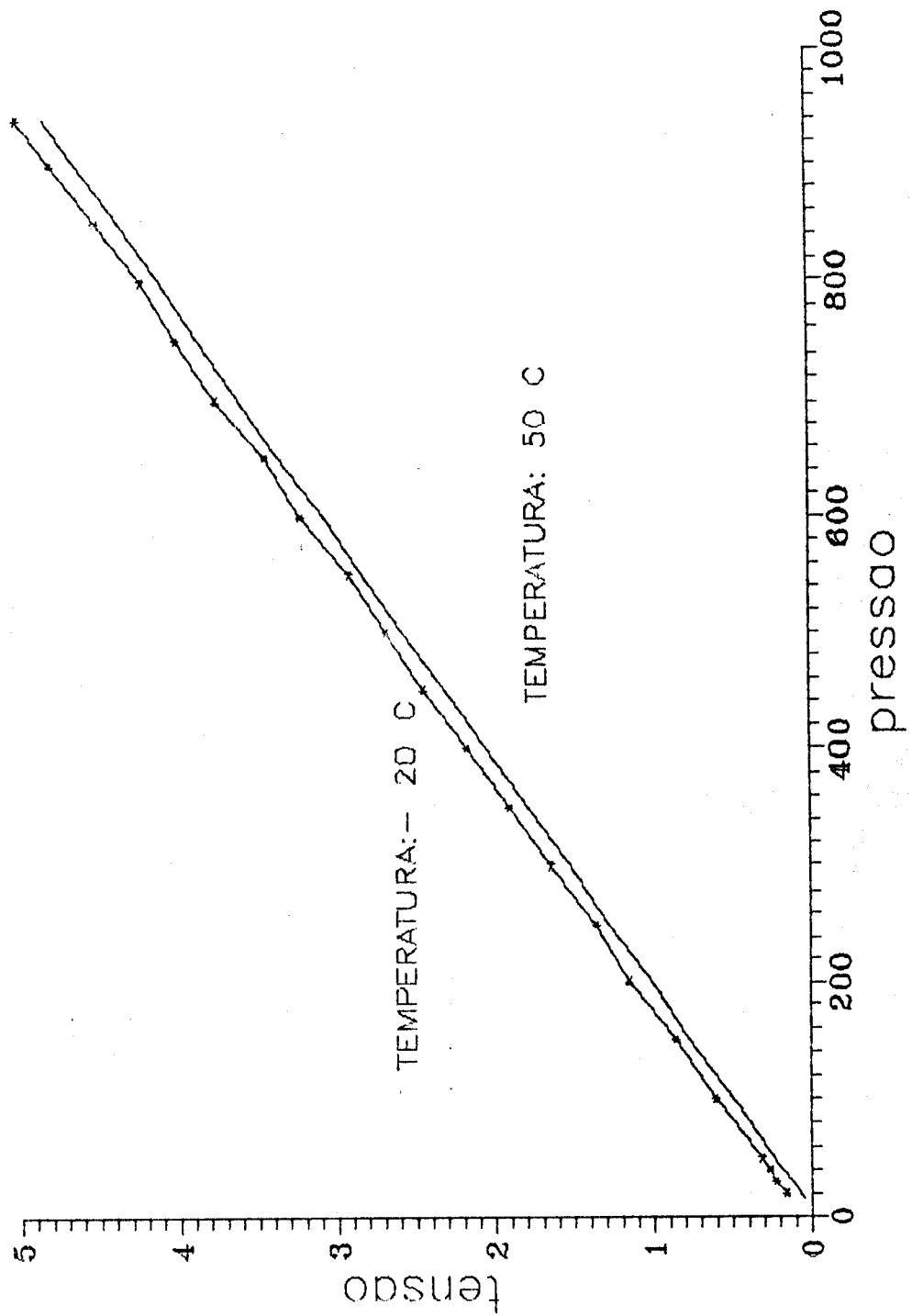


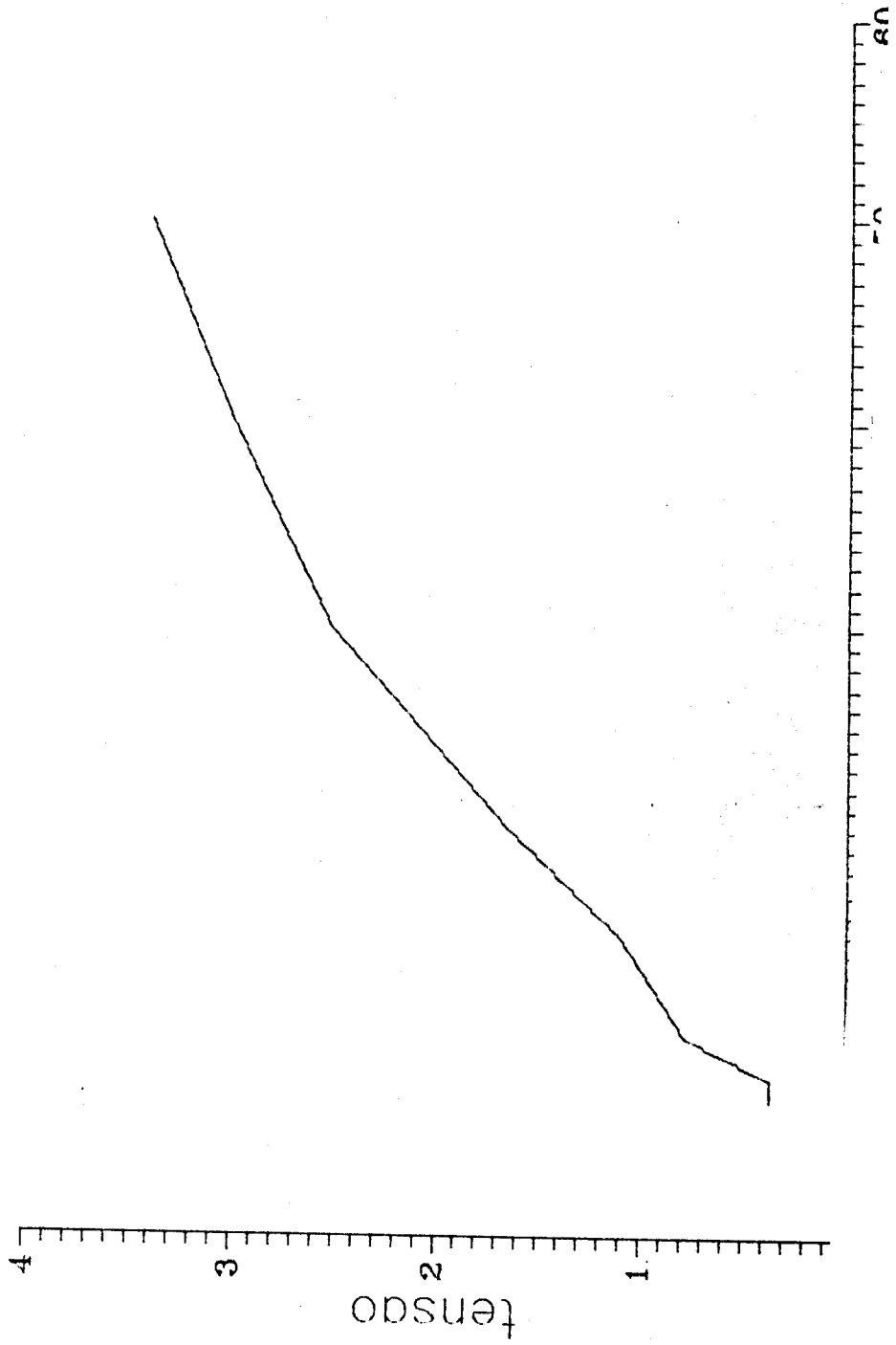


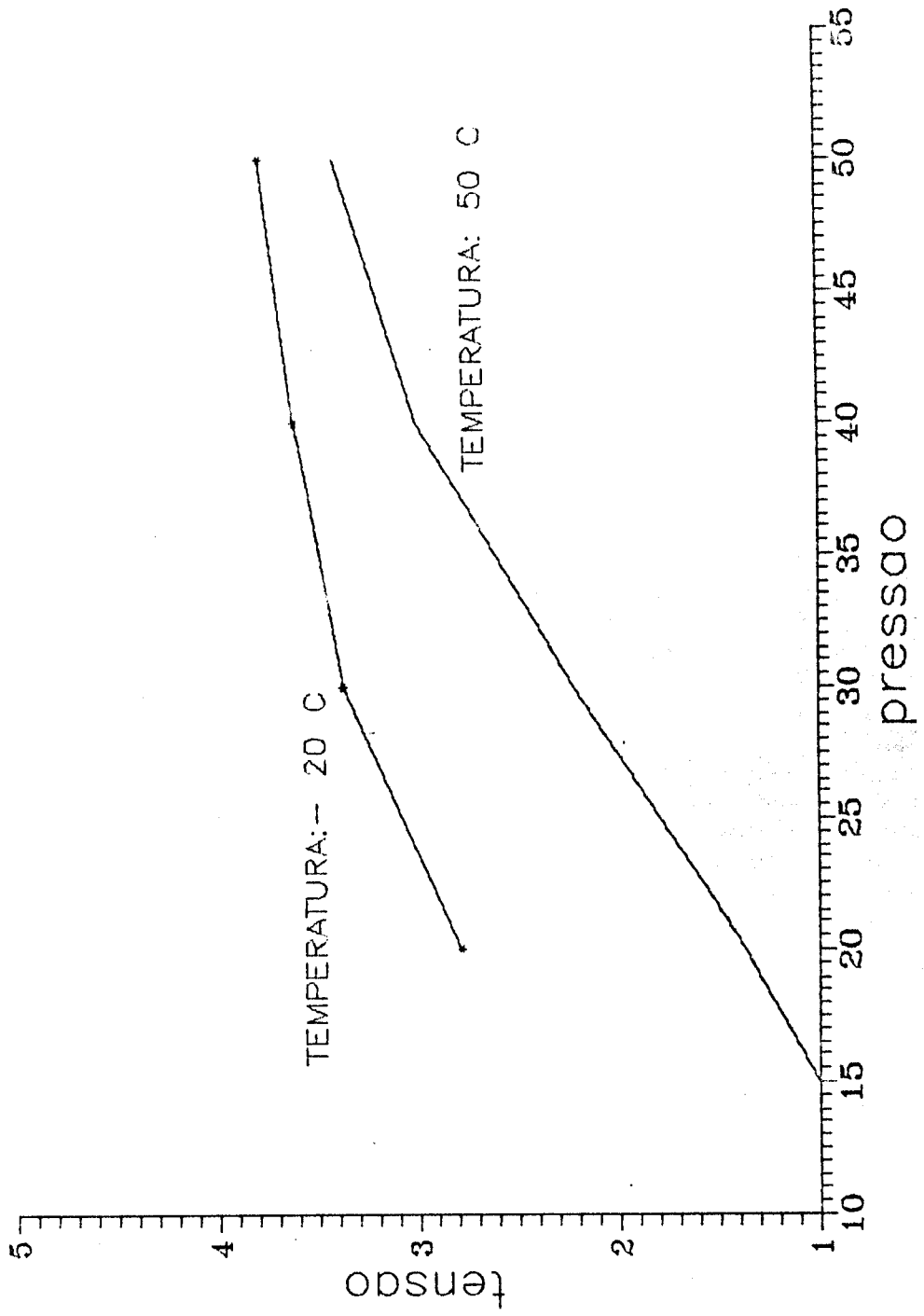








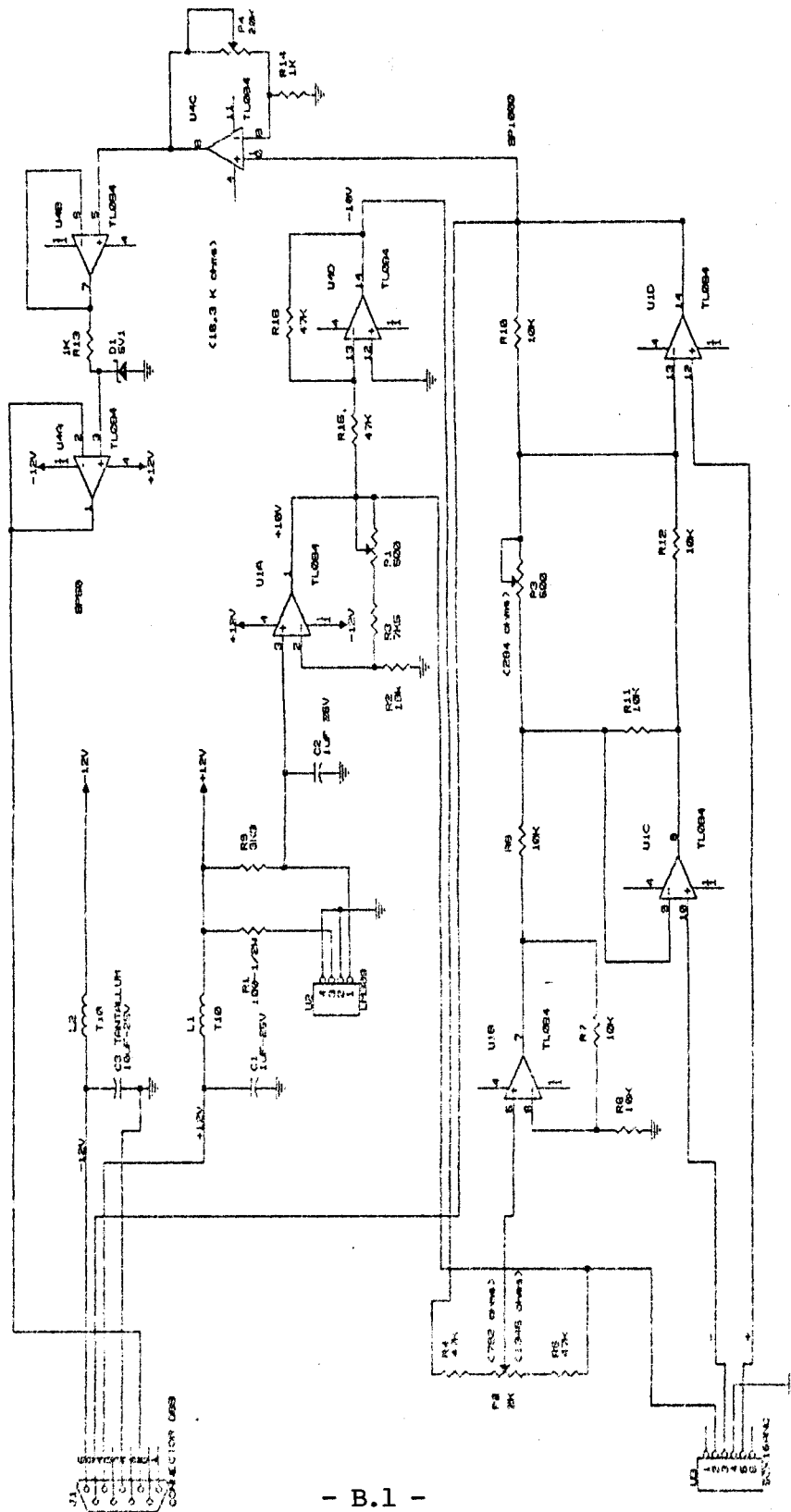






APENDICE B

CIRCUITO FINAL





APÊNDICE C

PINAGEM DO CONECTOR

J1- ALIMENTAÇÃO E SAÍDAS (AMP 9 PINOS)

|   |              |
|---|--------------|
| 1 |              |
| 2 | SAÍDA SP50   |
| 3 | GND          |
| 4 | + 12 V       |
| 5 | - 12 V       |
| 6 |              |
| 7 |              |
| 8 |              |
| 9 | SAÍDA SP1000 |