



REFINAÇÃO ALCALINA DE POLPA SOLÚVEL NÃO-BRANQUEADA. II. *Influência geral da consistência e da concentração da solução extratora*

por

Moacir José Sauer
José Vilton Marengo
Celso Edmundo B. Foelkel
José Eni C. Schinoff
Ernani Benitez

Riocell - Rio Grande Cia. de Celulose do Sul

Introdução

A refinação ou purificação alcalina representa, para as polpas solúveis, uma possibilidade adicional de se remover hemiceluloses e outros fragmentos curtos de moléculas de carboidratos e alguns tipos de minerais. Esses constituintes, em geral, representam impurezas na polpa e prejudicam a sua utilização. Alguns derivados de celulose, como acetato de celulose, xantato de celulose para fio pneu e nitrato de celulose, dentre outros, apresentam processos de produção com rigorosas exigências de matéria-prima. Em muitos casos, as especificações para a polpa solúvel a ser convertida só podem ser alcançadas por um tratamento alcalino de purificação.

O presente estudo continua uma série, onde as principais variáveis, que afetam a refinação alcalina, estão sendo analisadas quanto aos seus efeitos. Em trabalho anterior, MARENGO *et alii* (1980) relataram as influências que as variáveis tempo e temperatura do tratamento apresentavam sobre a qualidade da polpa e sobre a ação de extração de orgânicos. Dando seqüência à série, este estudo procura mostrar em como as variáveis consistência e concentração da solução alcalina afetam a purificação

da polpa.

Material

Em todos os casos, o material básico do estudo consistia de polpa solúvel não-branqueada obtida pelo processo pré-hidrólise/kraft a partir de uma mistura de madeiras de *Eucalyptus saligna* e *Acacia mearnsii* na proporção de 75% - 25% em volume, respectivamente. Essa polpa, amostrada diretamente na linha industrial de produção de celulose solúvel da Riocell - Rio Grande Cia de Celulose do Sul, apresentava as seguintes características: número κ = 12,5; viscosidade intrínseca = 952 cm³/g; solubilidade em NaOH 5% (S₅) = 1,9%; solubilidade em NaOH 10% (S₁₀) = 3,25%; solubilidade em NaOH 18% (S₁₈) = 2,08%; fração insolúvel em NaOH 10% (R₁₀) = 96,75%; fração insolúvel em NaOH 18% (R₁₈) = 97,92%; diferença entre R₁₈ e R₁₀ = 1,17%.

Metodologia

O experimento consistiu em um fatorial do tipo 3x4x2x5, com apenas uma repetição, para temperatura, tempo, consistência e concentração de álcali. Os seguintes níveis de cada variável do fatorial eram estudados:

temperatura: 25°C, 50°C, 75°C

tempo: 5, 15, 30 e 60 minutos

consistência: 5 e 10%

concentração em soda cáustica da solução de extração (% em peso): 1,25%; 2,50%; 5,00%; 7,50% e 10,00%.

Tratava-se, portanto, de um experimento fatorial com 120 tratamentos, em delineamento inteiramente casualizado. Frente às dimensões do experimento, os resultados serão interpretados de forma parcial, sendo que nesse trabalho, serão abordadas apenas as influências gerais da consistência e da concentração em NaOH da solução extratora.

Para melhor entendimento do leitor sobre a forma como foi executado o experimento, segue-se uma breve descrição da metodologia adotada.

Para cada um dos tratamentos, dos 120 que compunham a pesquisa global, tomava-se uma amostra de 15 gramas absolutamente secas da polpa solúvel não-branqueada e se procedia ao estágio de extração alcalina, conforme as condições do tratamento. A consistência do ensaio era acertada com solução de soda cáustica, de forma a se ter a concentração de $NaOH$ na solução extratora, conforme o especificado nas condições do tratamento. A seguir, a polpa, na consistência e concentração de $NaOH$ desejadas, era submetida ao tratamento por um tempo pré determinado. A temperatura do estágio extrator era controlada em banho-maria. A quantidade de soda cáustica aplicada base polpa, expressa em porcentagem, dependia basicamente da consistência e da concentração da solução de $NaOH$ utilizada. Para fins de melhor entendimento, essa carga química de $NaOH$ foi definida como NAP e seus valores eram os seguintes:

	Concentração da soda	NAP
Consistência 5%	1,25 %	23,59
	2,50 %	47,16
	5,00 %	94,22
	7,50 %	141,48
	10,00 %	188,64
Consistência 10%	1,25 %	11,09
	2,50 %	22,17
	5,00 %	44,34
	7,50 %	66,51
	10,00 %	88,67

Ao final do tratamento, a polpa era filtrada. No filtrado determinava-se o teor porcentual de orgânicos removidos base polpa a.s. (OR), por oxidação dos mesmos com dicromato de potássio. Nesse filtrado determinava-se também a concentração de sódio por fotometria de chama. Com isso, era possível se calcular o sódio (NAR), expresso como porcentagem de hidróxido de sódio, base polpa seca, na solução residual. Esse sódio estaria tanto na forma de soda cáustica residual como de sais orgânicos de sô

dio. Não estaria computado no filtrado apenas o sódio que permaneceria reagido e adsorvido no corpo da fibra.

A polpa era, a seguir, bem lavada com água destilada e quando não mais mostrava alcalinidade, determinava-se o teor de sódio a ela ligado. Para isso, adotava-se uma extração de uma fração da polpa com HCl 0,1 N (2g a.s. de polpa para 20 ml HCl) durante 20 minutos. No filtrado determinava-se o sódio por fotometria de chama. O resultado era expresso como $NaOH$ base polpa seca (NAA) em porcentagem.

No restante da polpa solúvel, que sofreu o tratamento em questão, realizavam-se os seguintes testes:

- solubilidade da polpa em soda cáustica a 10% (S_{10}), expressa em %;
- solubilidade da polpa em soda cáustica a 18% (S_{18}), expressa em %;
- fração insolúvel em soda cáustica a 10% (R_{10}), expressa em %;
- fração insolúvel em soda cáustica a 18% (R_{18}), expressa em %;
- diferença entre R_{18} e R_{10} ($R_{18} - R_{10}$), expressa em %;
- viscosidade intrínseca (V) em solução de etilenodiamina cúprica, expressa em cm^3/g ;

Além dessas determinações no filtrado e na polpa, calculavam-se também:

- orgânicos removidos + solubilidade da polpa após o tratamento em soda cáustica 10% ($OR + S_{10}$): visava dar uma indicação do potencial máximo de extração que não havia certamente sido alcançado. Lembrar que em trabalho anterior, FOELKEL *et alii* (1980) houveram mencionado que o máximo de extração alcalina para polpas solúveis ocorria quando a solução extratora mostrasse concentração de soda cáustica de cerca de 10%. Dessa forma, o máximo extraível foi definido como a soma dos orgânicos já extraídos da polpa (OR) com a quantidade máxima de material ainda disponível para a extração (S_{10}) nessa polpa.

- relação viscosidade/orgânicos removidos (V/OR): visava dar uma indicação de como a viscosidade alcançada na polpa extraída se alterava por cada unidade de orgânicos removidos no tratamento alcalino.

- relação viscosidade/orgânicos removidos + solubilidade da polpa em soda cáustica a 10% ($V/OR + S_{10}$): visava dar apenas uma indicação de como a viscosidade alcançada na polpa extraída poderia se alterar pela remoção completa de todo o material extraível ($OR + S_{10}$).

- variação na solubilidade da polpa em solução de $NaOH$ 10% (ES_{10}): significava a diferença entre a solubilidade da polpa em $NaOH$ 10% antes e após o tratamento de refinação alcalina.

- variação na solubilidade da polpa em solução de $NaOH$ 18% (ES_{18}): significava a diferença entre a solubilidade da polpa em $NaOH$ 18% antes e após o tratamento de refinação alcalina.

Análises estatísticas

Tratando-se de um experimento fatorial com 120 tratamentos, inteiramente casualizado, torna-se possível a individualização dos efeitos das variáveis do fatorial. Assim, é possível se verificar o efeito global de cada uma das causas de variação dos resultados, ou seja, é possível se conhecer a tendência geral de como a temperatura, o tempo, a consistência e a concentração da solução alcalina atuam individualmente sobre cada propriedade em estudo. O experimento facultava também a análise de como as variáveis se interagem duas a duas, três a três e todas elas conjuntamente.

Conforme já mencionado, frente à dimensão do experimento, estão apresentadas, nesse trabalho, apenas as influências gerais da consistência e da concentração em soda cáustica da solução de extração. Em trabalhos que se seguirão, procurar-se-á particularizar a influência das variáveis, inicialmente duas a duas e depois três a três.

Usou-se de análise de regressão polinomial para explicar os efeitos das variáveis do fatorial. Resumidamente, o procedimento adotado foi o seguinte:

Influência da consistência

Obtinham-se os valores médios das propriedades analisadas a cada nível de consistência, independentemente das outras três variáveis. Como se testaram apenas dois níveis de consistência, 5 e 10%, dispunham-se de dois valores médios para cada propriedade: média geral para 5% e média geral para 10%. Cada média representava 60 valores individuais.

A seguir, esses dois valores de cada propriedade eram ligados por uma reta cuja equação era determinada.

Influência da concentração da solução extratora

Obtinham-se os valores médios das propriedades analisadas a cada nível de concentração, independentemente das outras variáveis envolvidas. Dispunham-se assim de cinco valores para cada propriedade: 1,25%, 2,50%, 5,00%, 7,50% e 10,00%. Cada um representava 24 valores individuais.

A seguir, para esses cinco valores, procurava-se adaptar uma equação, que melhor representasse a variação da propriedade em função da concentração da solução. Usava-se, para isso, o teste de equações polinomiais, aumentando-se progressivamente o grau do polinômio. Considerava-se como aceito o modelo mais simples, que mostrasse significância do seu coeficiente de correlação ao nível de 1% de probabilidade. O modelo aceito era a seguir transformado em gráfico. Toda estatística e impressão dos gráficos foi realizada em computador de mesa HP 9830 acoplado com registrador gráfico. Apenas os gráficos que realmente mostravam uma tendência definida de variação de uma propriedade em função da concentração da solução foram apresentados nesse trabalho.

Resultados e discussão

Influência da consistência

Os resultados médios para as diversas propriedades analisa

das, aos dois níveis da variável consistência estão apresentados no Quadro 1. Foram também apresentadas as Figuras 1 a 14, onde se mostrava a variação de cada uma das propriedades analisadas em relação à variação da consistência da polpa no estágio.

Quadro 1: Influência geral da consistência da refinação alcalina (resultados médios)

Propriedades	Consistência (%)	
	5	10
Solubilidade em NaOH 10% (S_{10}), %	2,21	2,29
Solubilidade em NaOH 18% (S_{18}), %	1,34	1,44
Fração insolúvel em NaOH 10% (R_{10}), %	97,78	97,70
Fração insolúvel em NaOH 18% (R_{18}), %	98,65	98,55
$R_{18} - R_{10}$, %	0,87	0,85
Viscosidade intrínseca, cm^3/g	964	926
Orgânicos extraídos (OR), %	1,46	1,24
Orgânicos + S_{10} , %	3,68	3,54
Viscosidade/Orgânicos	1076,18	1310,53
Viscosidade/Orgânicos + S_{10}	265,35	263,66
Variação na solubilidade da polpa em NaOH 10% (ES_{10}), %	1,03	0,95
Variação na solubilidade da polpa em NaOH 18% (ES_{18}), %	0,75	0,62
Sódio como NaOH aplicado, (NAP), %	99,00	46,55
Sódio como NaOH na solução extratora residual, (NAR), %	95,20	39,50
Sódio residual na polpa após lavagem, como NaOH, (NAA), %	0,053	0,084

142

SOLUBILIDADE POLPA HIDROX. SODIO 10%

X

CONSISTENCIA POLPA

Figura 1

GERAL

R 50 = 1.000

Y = 2.130 + 0.016X

CE(%)

000 01

005 6

000 6

005 8

000 8

005 7

000 7

005 9

000 9

005 5

000 5

15 (%)

2.290

2.282

2.274

2.266

2.258

2.250

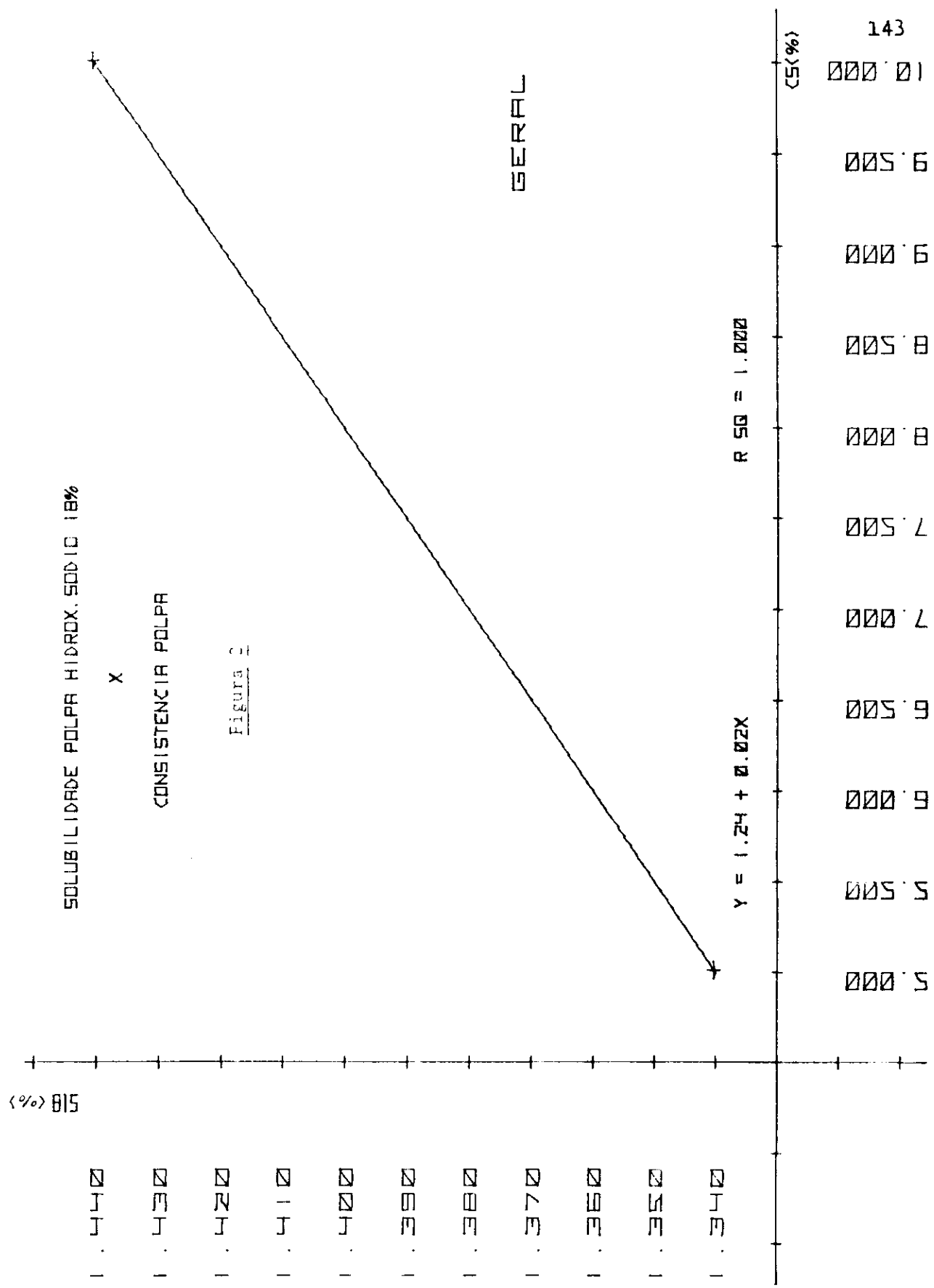
2.242

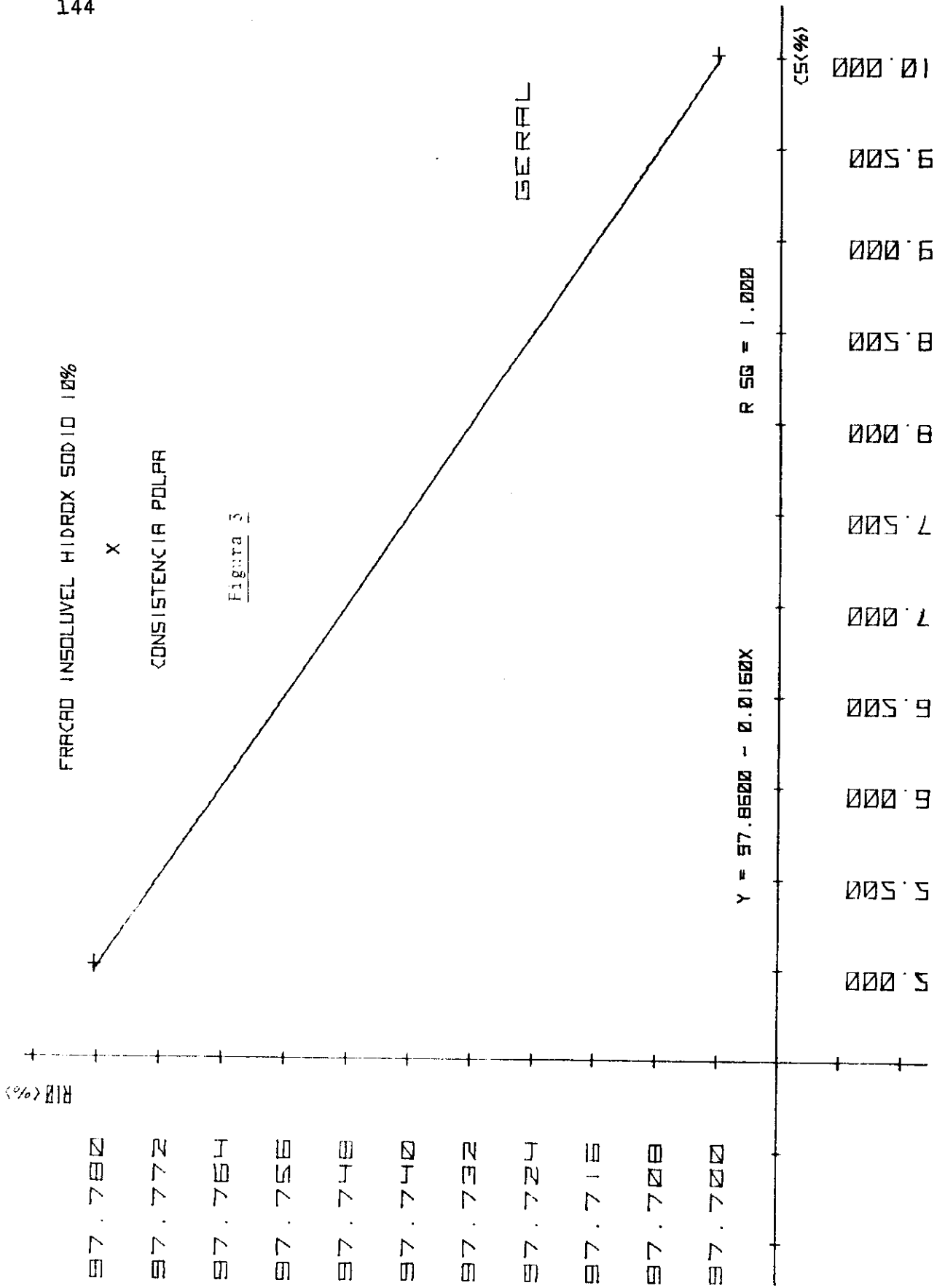
2.234

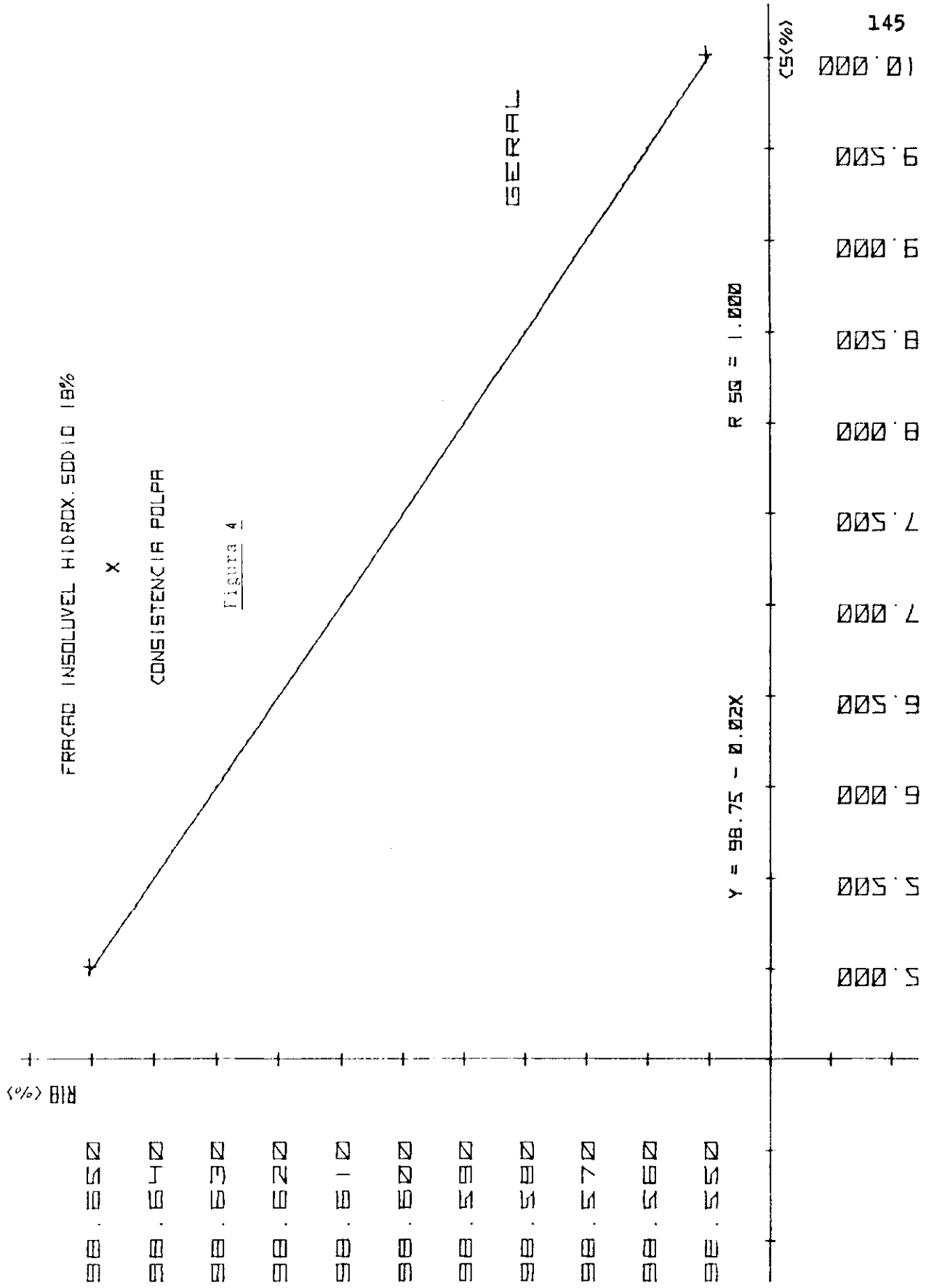
2.226

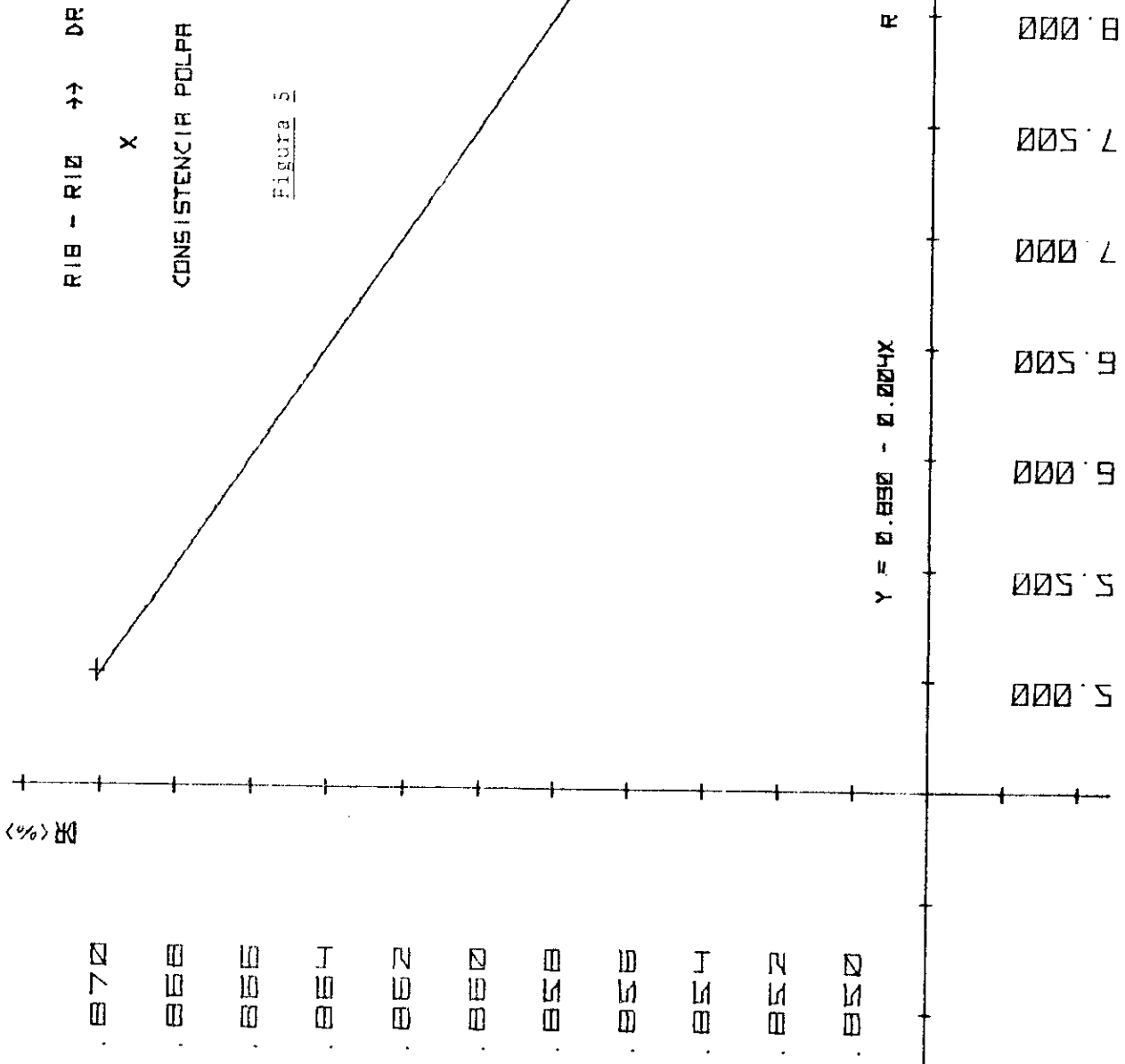
2.218

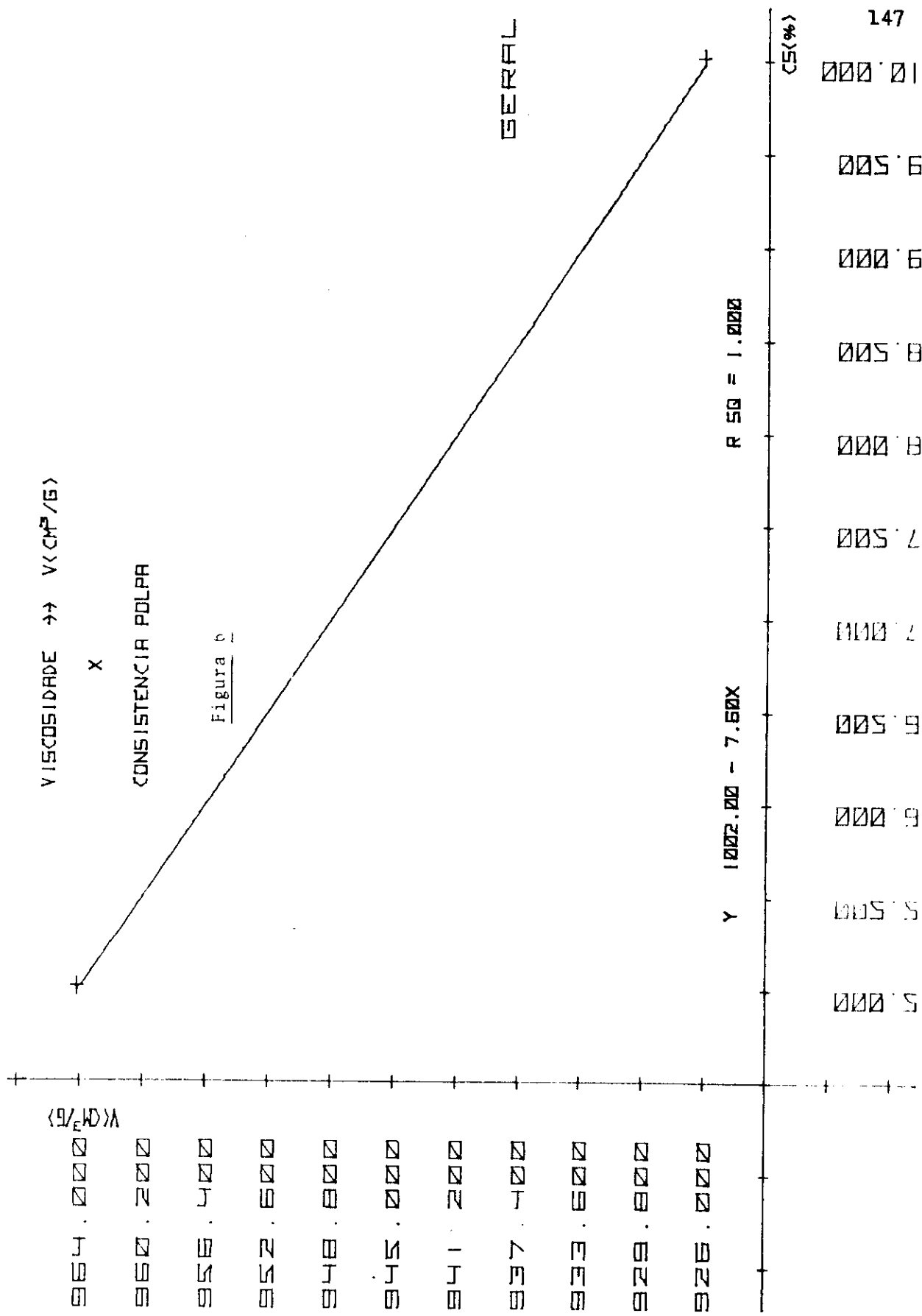
2.210











ORGANICOS SOLUBILIZADOS

X

CONSISTENCIA PULPA

Figura 7

GENERAL

R (%)

- 1.460
- 1.438
- 1.416
- 1.394
- 1.372
- 1.350
- 1.328
- 1.306
- 1.284
- 1.262
- 1.240

$Y = 1.680 - 0.044X$

$R^2 = 1.000$

C5 (%)

000.5

005.5

000.9

005.9

000.7

005.7

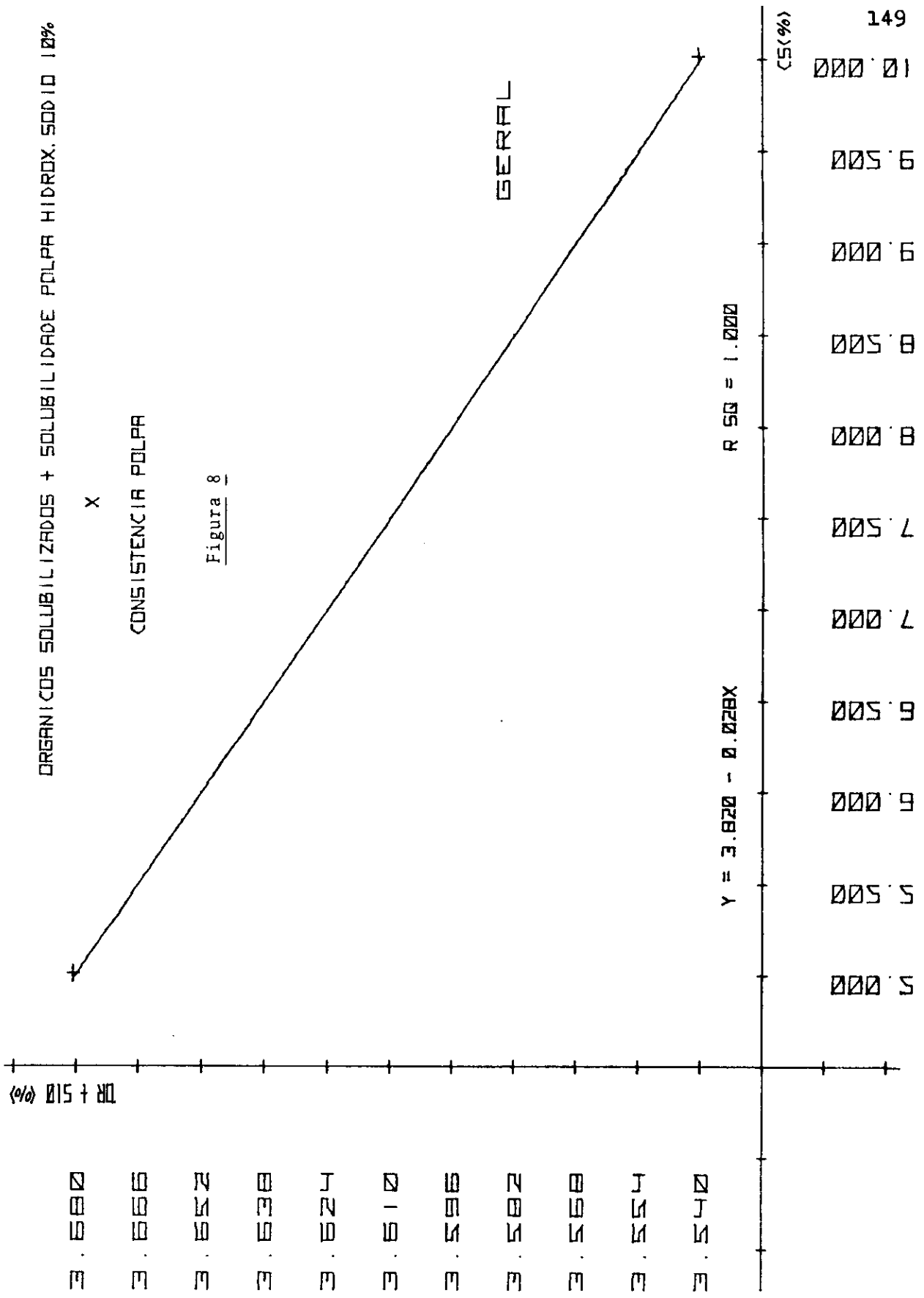
000.8

005.8

000.6

005.6

000.01



RELACAO VISCOSIDADE/ORGANICOS SOLUBILIZADOS

X

CONSISTENCIA POLPA

Figura 9

GERAL

$Y = 841.830 + 46.870X$
 $R 50 = 1.000$

C5(%)

- 1310.530
- 1287.095
- 1263.660
- 1240.225
- 1216.790
- 1193.355
- 1169.920
- 1146.485
- 1123.050
- 1099.615
- 1076.180

- 000.01
- 005.6
- 000.6
- 005.8
- 000.8
- 005.7
- 000.7
- 005.9
- 000.9
- 005.5
- 000.5

RELACION VISCOSIDADE/ORGANICOS SOLUBILIZADOS + SOLUBILIDADE POLPA HIDROX. SODIO 10%

X

CONSISTENCIA POLPA

Figura 10

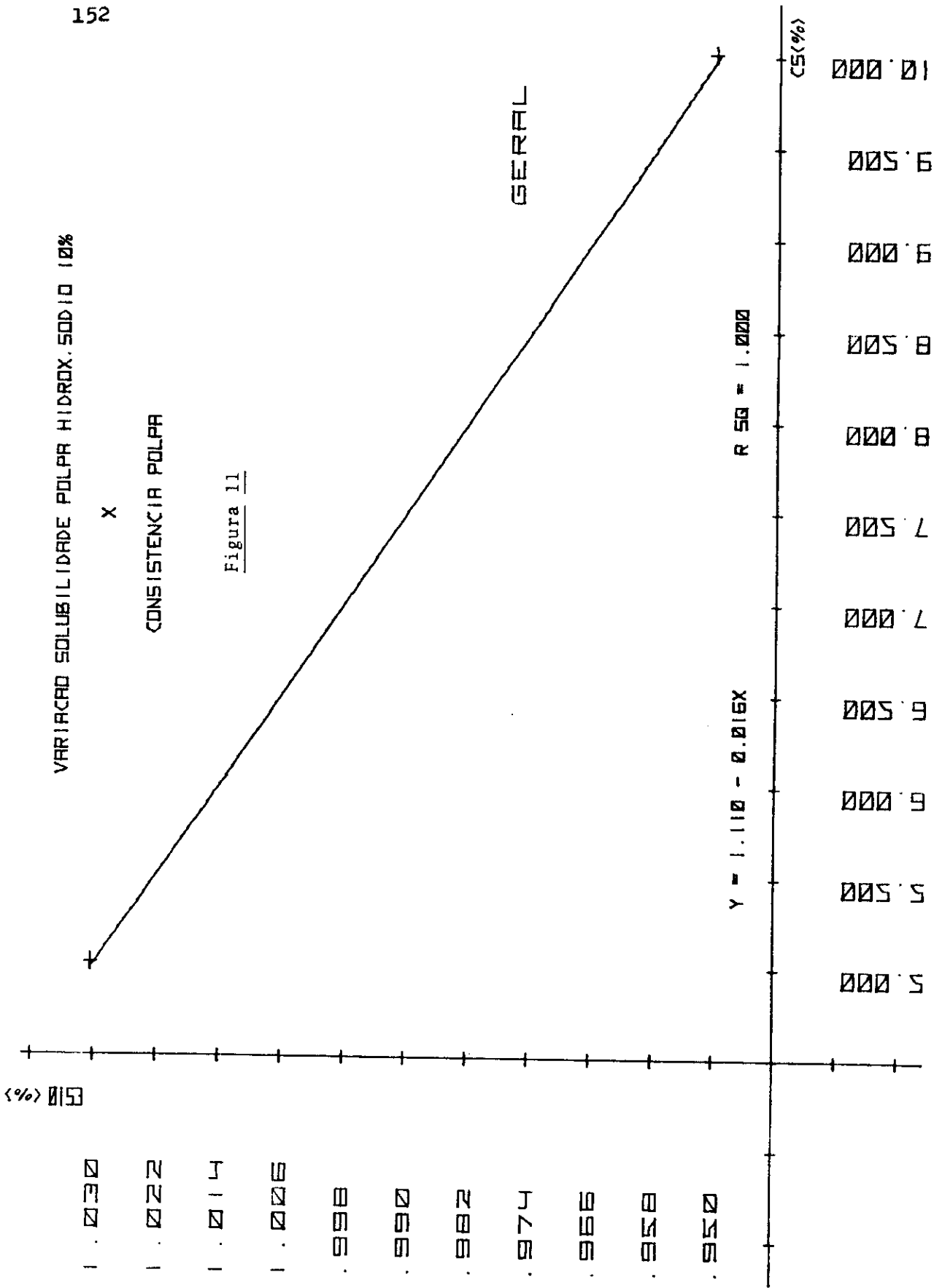
GERAL

015 + 20%
265.350
265.181
265.012
264.843
264.674
264.505
264.336
264.167
263.998
263.829
263.660

$Y = 267.040 - 0.338X$

$R^2 = 1.000$

CS(%)
000.0
005.6
010.6
015.8
020.8
025.7
030.7
035.9
040.9
045.5
050.5
151



(%) 015

CS(%)

5.000

5.500

6.000

6.500

7.000

7.500

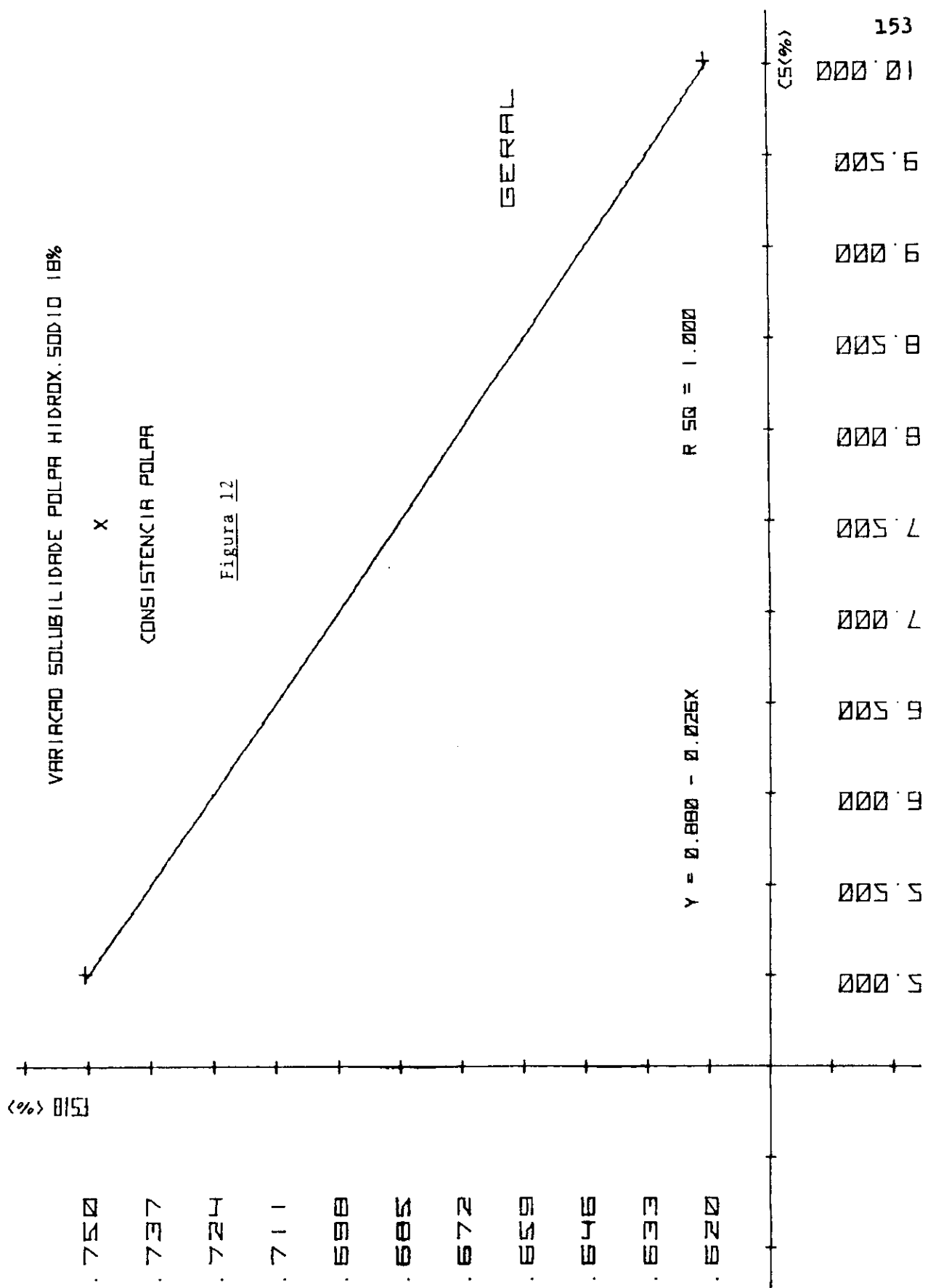
8.000

8.500

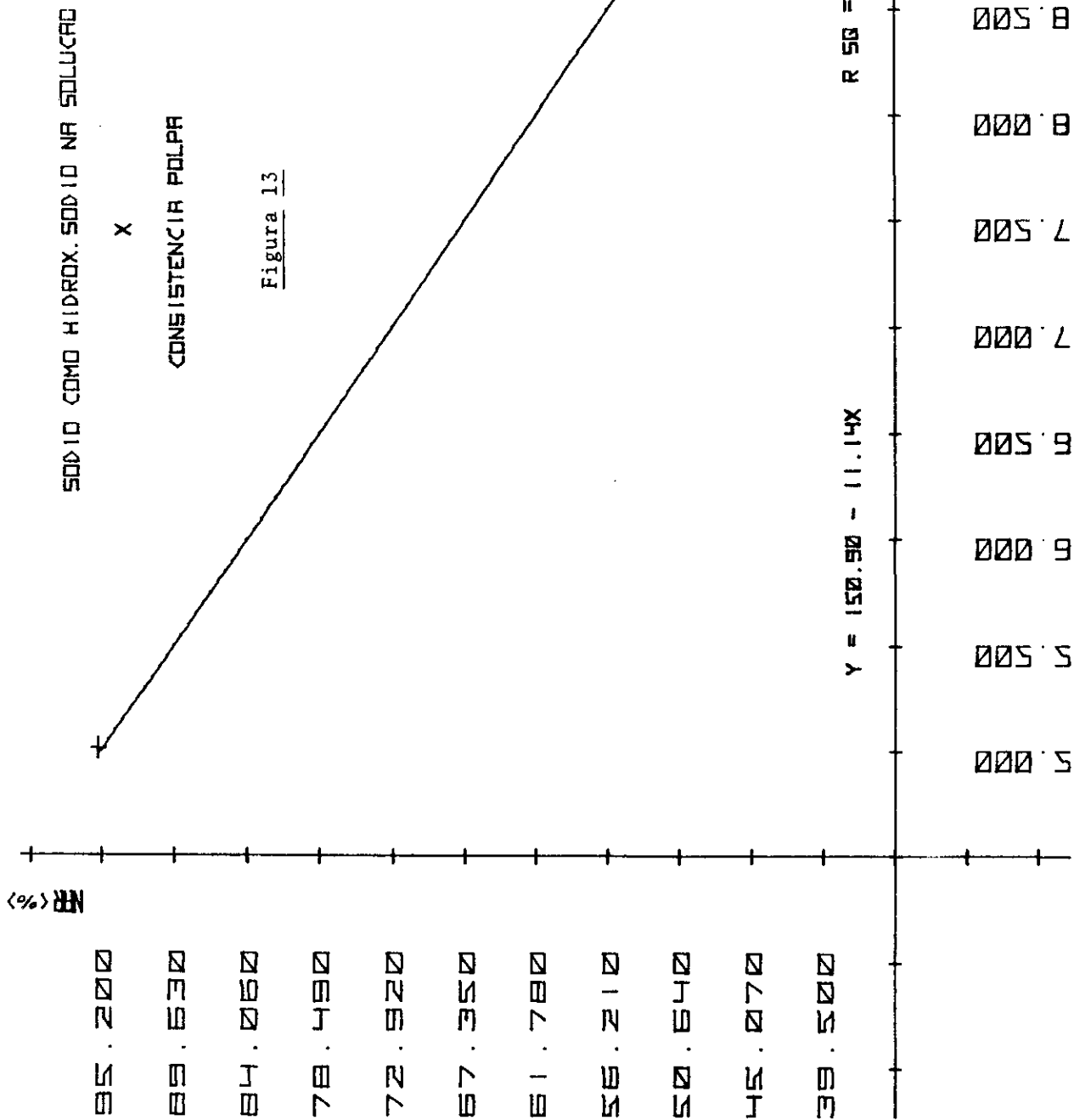
9.000

9.500

10.000



000 01
 005 6
 000 6
 005 8
 000 8
 005 7
 000 7
 005 9
 000 9
 005 5
 000 5



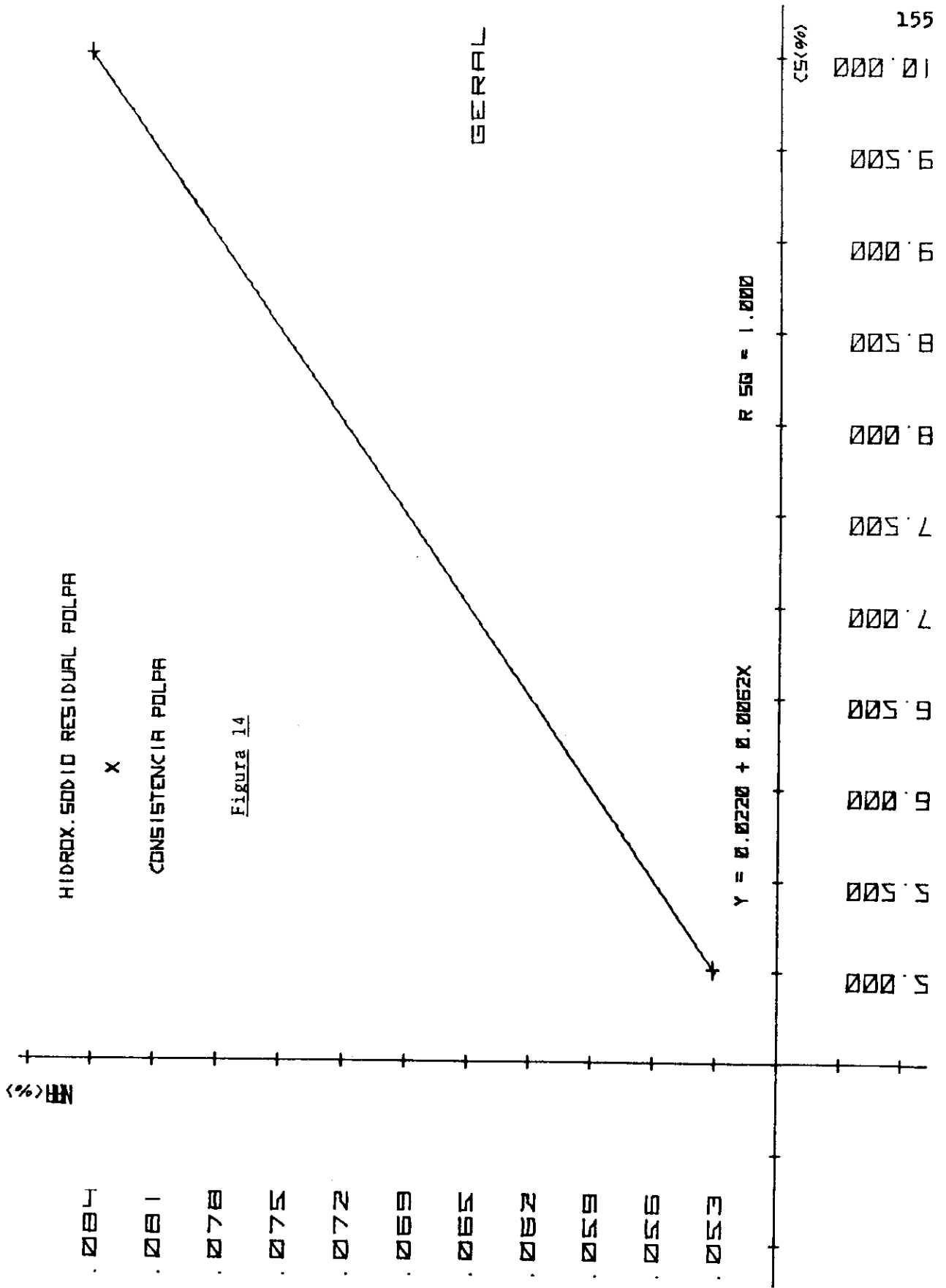


Figura 14

A análise do Quadro 1 e Figuras 1 a 14 permite observar ser pequena a influência da consistência do tratamento de extração sobre a remoção de orgânicos da polpa. Muito embora os tratamentos com mais baixa consistência (5%) representassem, no geral, uma aplicação de quase o dobro de NaOH base polpa a.s., em relação aos de mais alta consistência (10%), essa carga muito mais elevada de soda cáustica não se refletiu em melhorias sensíveis na extração. Esse tipo de comportamento já houvera sido notado anteriormente por MARENGO *et alii* (1980), quando se analisou o efeito da consistência sobre a purificação alcalina de uma polpa tipo papel branqueada.

De uma maneira geral, o tratamento executado à mais baixa consistência promove uma remoção ligeiramente maior de orgânicos, conforme se pode notar nos teores de orgânicos extraídos mostrados no Quadro 1. Frente a essa maior remoção, as solubilidades médias em NaOH 10% e 18% das polpas após purificação são ligeiramente menores para os tratamentos a 5% do que para os a 10% de consistência. O oposto é observado para as frações insolúveis em NaOH 10% e 18%. A maior remoção de carboidratos de cadeias curtas nos tratamentos a 5% reflete-se em uma viscosidade média maior para esses tratamentos. Muito embora a viscosidade média fosse maior para o nível 5%, a relação viscosidade/orgânicos aumentou com o aumento da consistência, pois o teor de orgânicos removidos a 5% de consistência era maior que a 10%, a ponto de provocar essa redução em V/OR para o nível 5%.

Embora as cargas maiores de soda base polpa a.s. fossem aplicadas para o nível 5% de consistência, foi para o nível 10% que ocorreu o maior consumo médio de sódio, conforme atestam as diferenças entre NAP e NAR . Esse maior teor de sódio reagido/adsorvido para o nível 10% de consistência foi confirmado também pelo maior teor de sódio na polpa após lavagem (NAA).

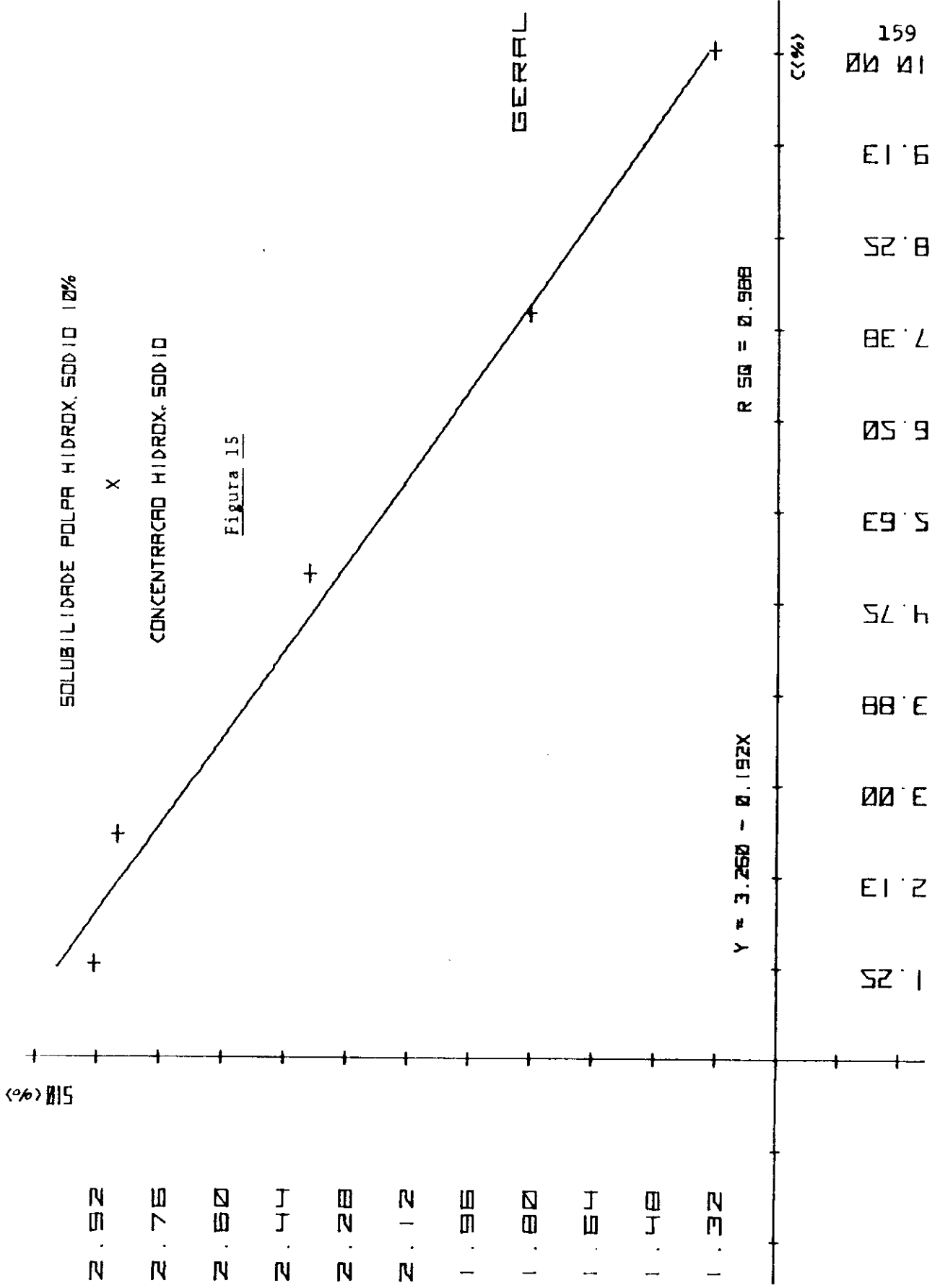
Influência da concentração da solução extratora

Os resultados médios para as diversas propriedades analisadas aos cinco níveis da variável concentração estão apresentados no Quadro 2. A seguir, foram representadas as Figuras 15 a

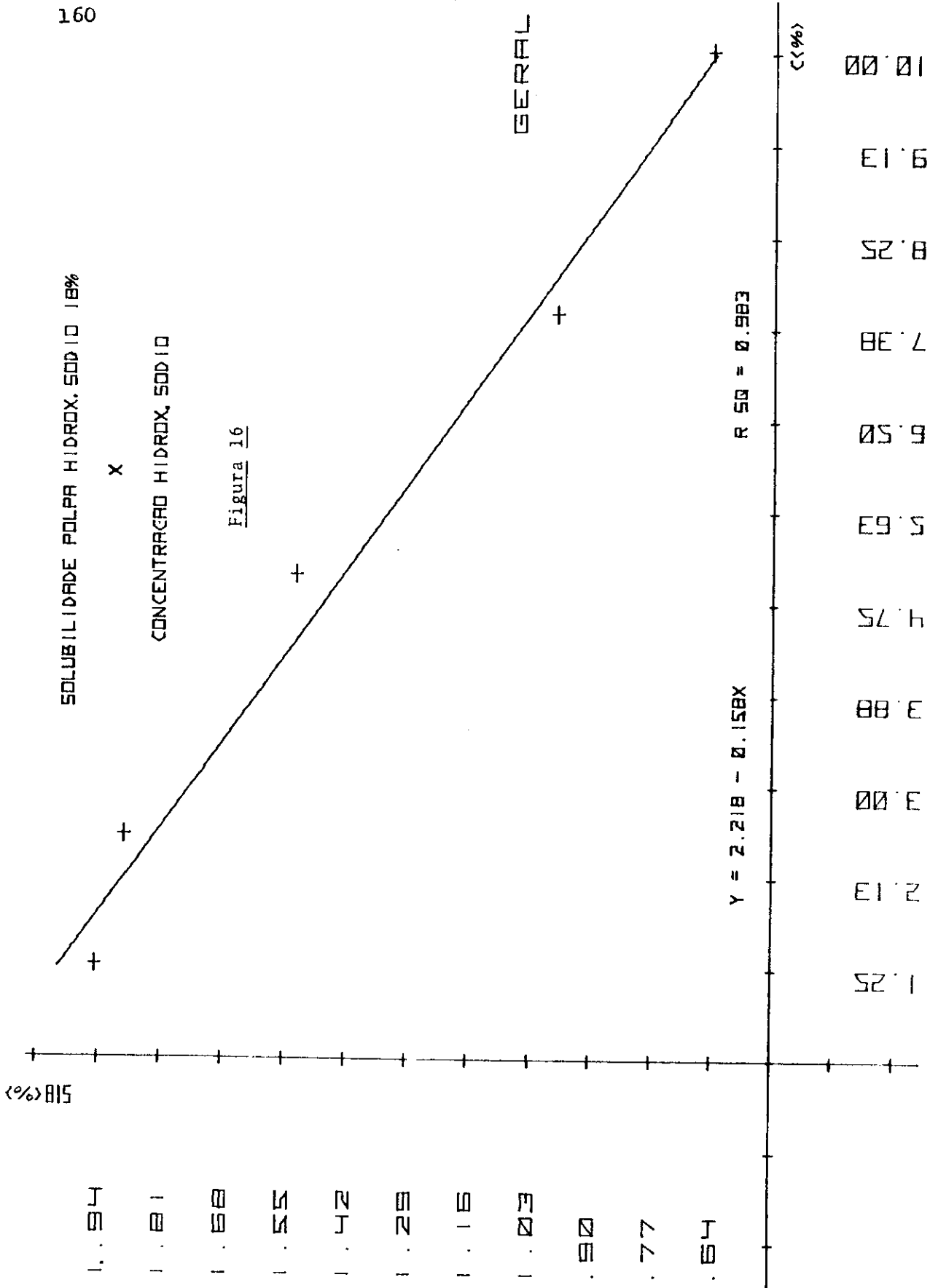
27, onde se mostrava a variação de cada propriedade em relação à variação da concentração da solução alcalina extratora.

Quadro 2: Influência geral da concentração da solução extratora na refinação alcalina (resultados médios)

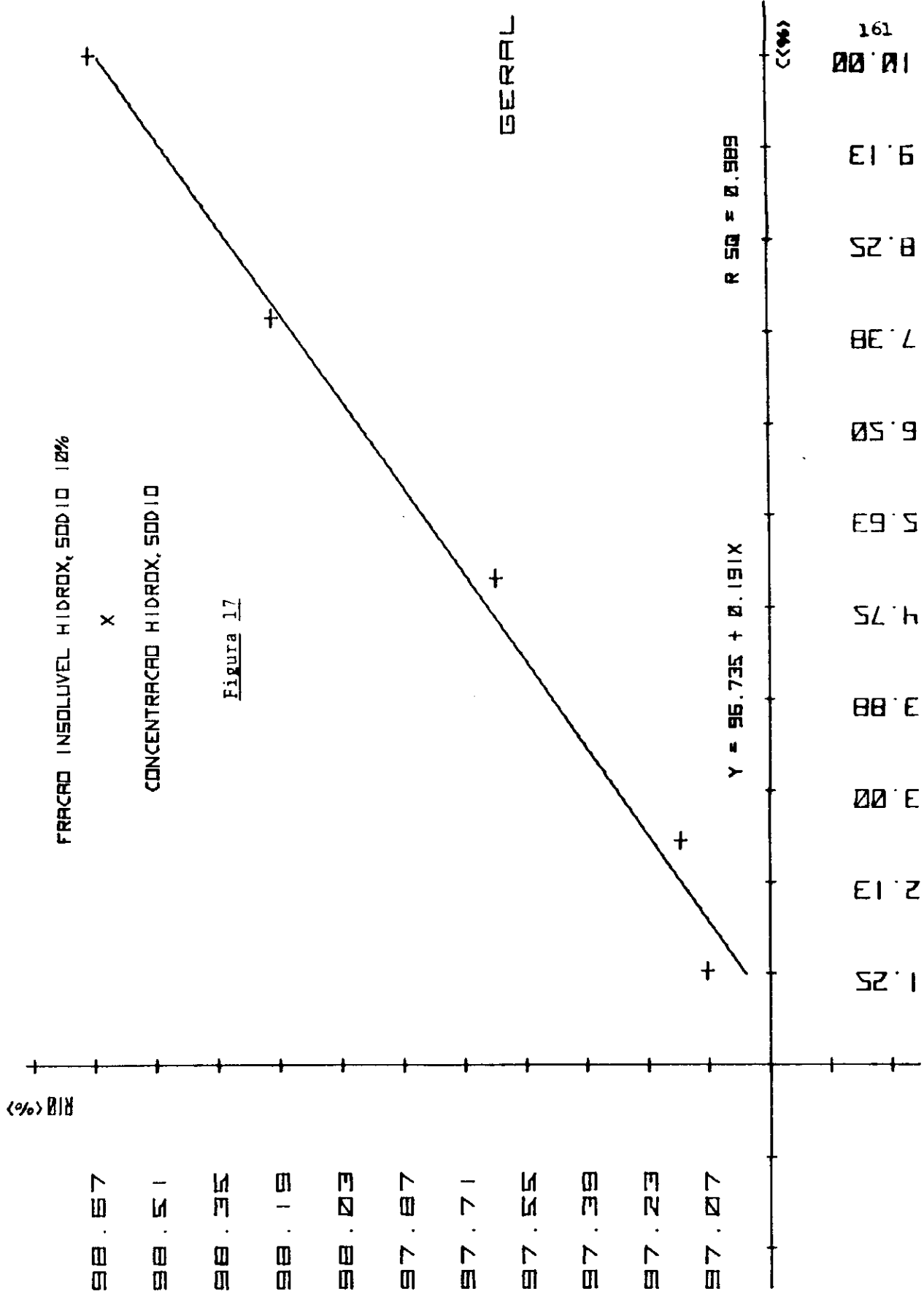
Propriedades	Concentração (%)			
	1,25	2,50	5,00	10,00
Solubilidade em NaOH 10% (S ₁₀), †	2,92	2,86	2,37	1,80
Solubilidade em NaOH 18% (S ₁₈), †	1,94	1,88	1,52	0,97
Fração insolúvel em NaOH 10% (R ₁₀), †	97,07	97,14	97,62	98,20
Fração insolúvel em NaOH 18% (R ₁₈), †	98,06	98,11	98,47	99,02
R ₁₈ - R ₁₀ , †	0,98	0,97	0,85	0,83
Viscosidade intrínseca, cm ³ /g	973	928	940	939
Orgânicos extraídos (OR), †	0,41	0,54	1,20	1,91
Orgânicos + S ₁₀ , †	3,33	3,41	3,57	3,71
Viscosidade/Orgânicos	2257	1788	816	515
Viscosidade/Orgânicos + S ₁₀	293	273	263	255
Variação na solubilidade da polpa em NaOH 10% (ES ₁₀), †	0,35	0,39	0,88	1,45
Variação na solubilidade da polpa em NaOH 18% (ES ₁₈), †	0,15	0,22	0,56	1,11
Sódio como NaOH aplicado, (MAP), †	17,34	34,66	69,28	104,00
Sódio como NaOH na solução extratora residual (NAR), †	15,20	31,85	62,75	95,10
Sódio residual na polpa após lavagem, como NaOH, (NAA), †	0,069	0,061	0,044	0,050
				0,057



159
00 01
E1'6
82'8
7.38
05'9
E9'5
4.75
88'E
00'E
E1'2
1.25



10.01
9.13
8.25
7.38
6.50
5.63
4.75
3.88
3.00
2.13
1.25



162

FRACAO INSOLUVEL HIDROX. SODIO 18%

X

CONCENTRACAO HIDROX. SODIO

Figura 18

GERAL

R SQ = 0.981

Y = 57.780 + 0.156X

C (%)

RIB (%)

99.97

99.21

99.00

99.99

99.83

99.70

99.57

99.44

99.32

99.19

99.06

1.25

2.12

3.00

3.88

4.75

5.63

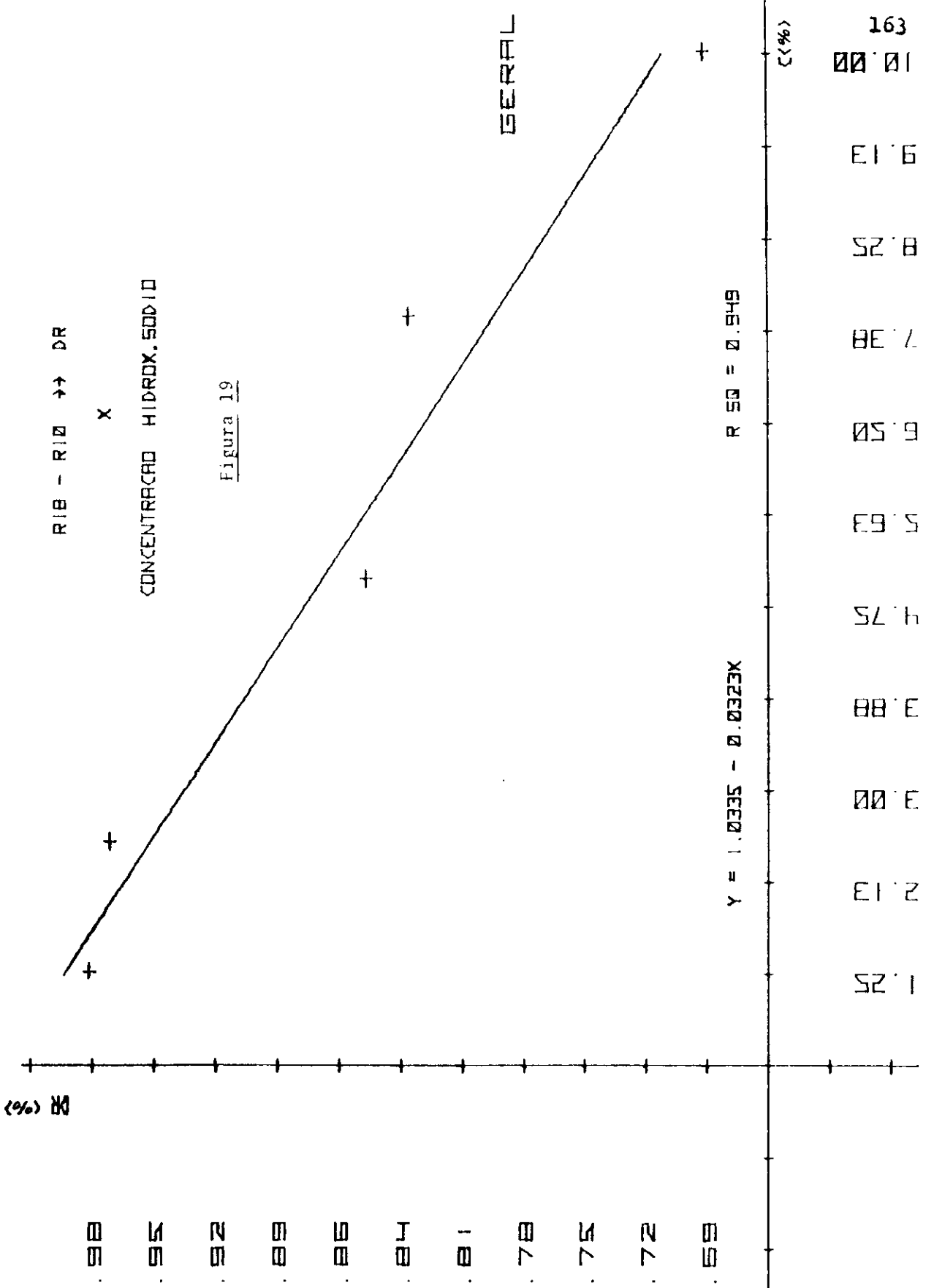
6.50

7.38

8.25

9.12

10.01



C (%)

164

ORGANICOS SOLUBILIZADOS

X

CONCENTRACAO HIDROX. SODIO

Figura 20

GERAL

$Y = -0.0540 + 0.2682X$

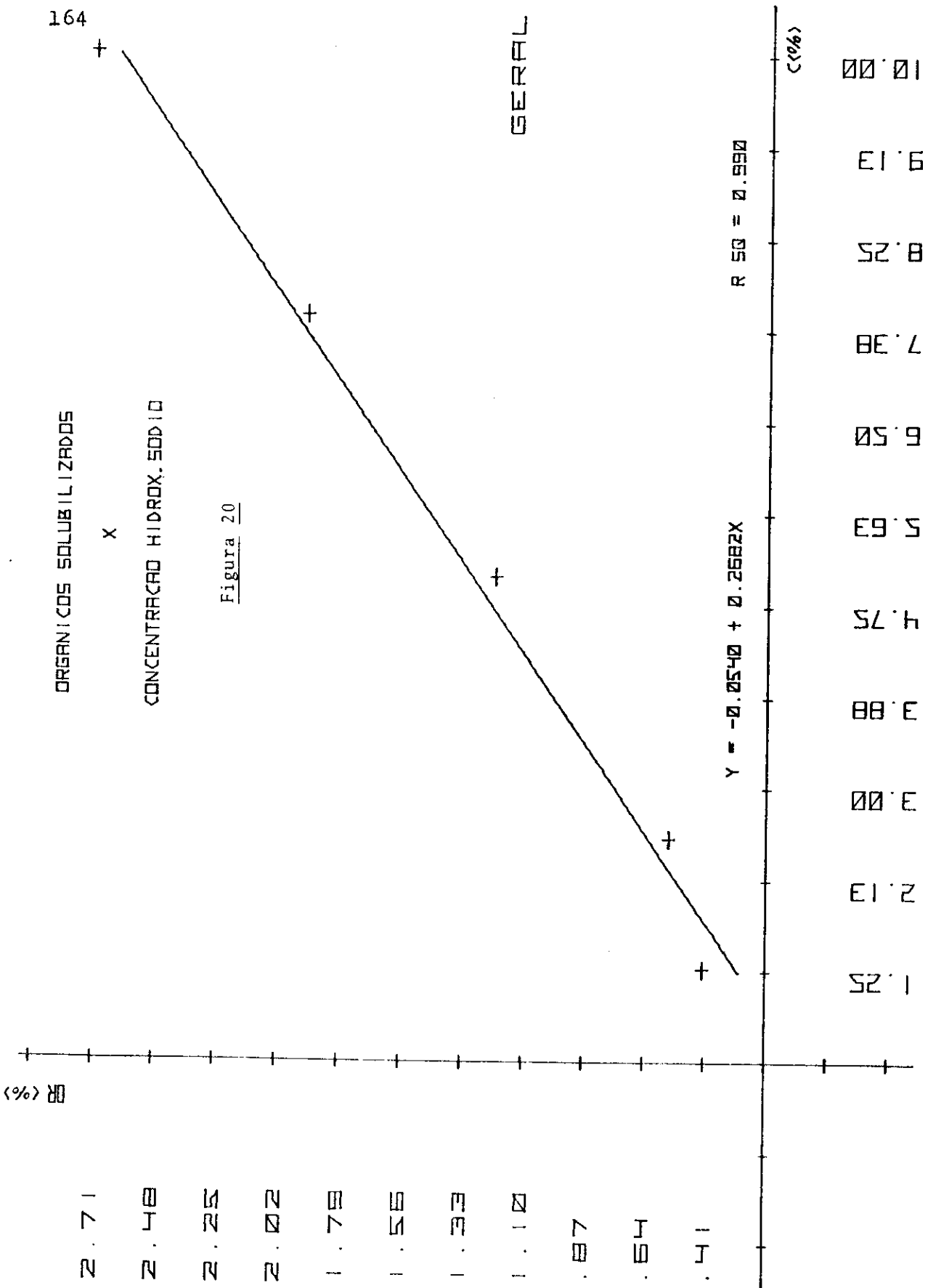
$R 50 = 0.990$

C(%)

00.01
91.6
82.8
73.8
65.9
56.5
47.5
38.6
30.6
21.2
12.1

OR (%)

2.71
2.40
2.25
2.02
1.78
1.56
1.33
1.10
.87
.64
.41



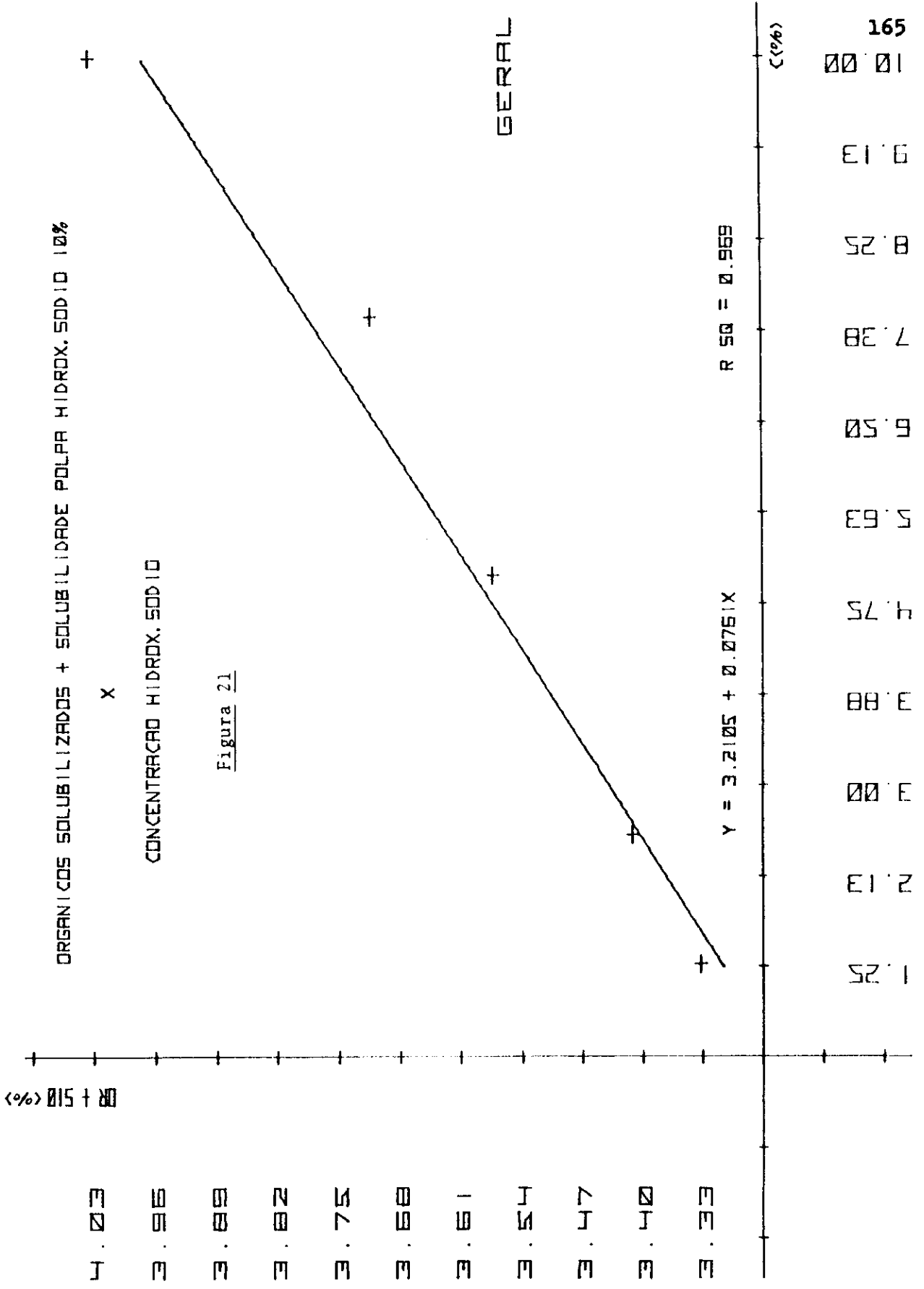


Figura 21

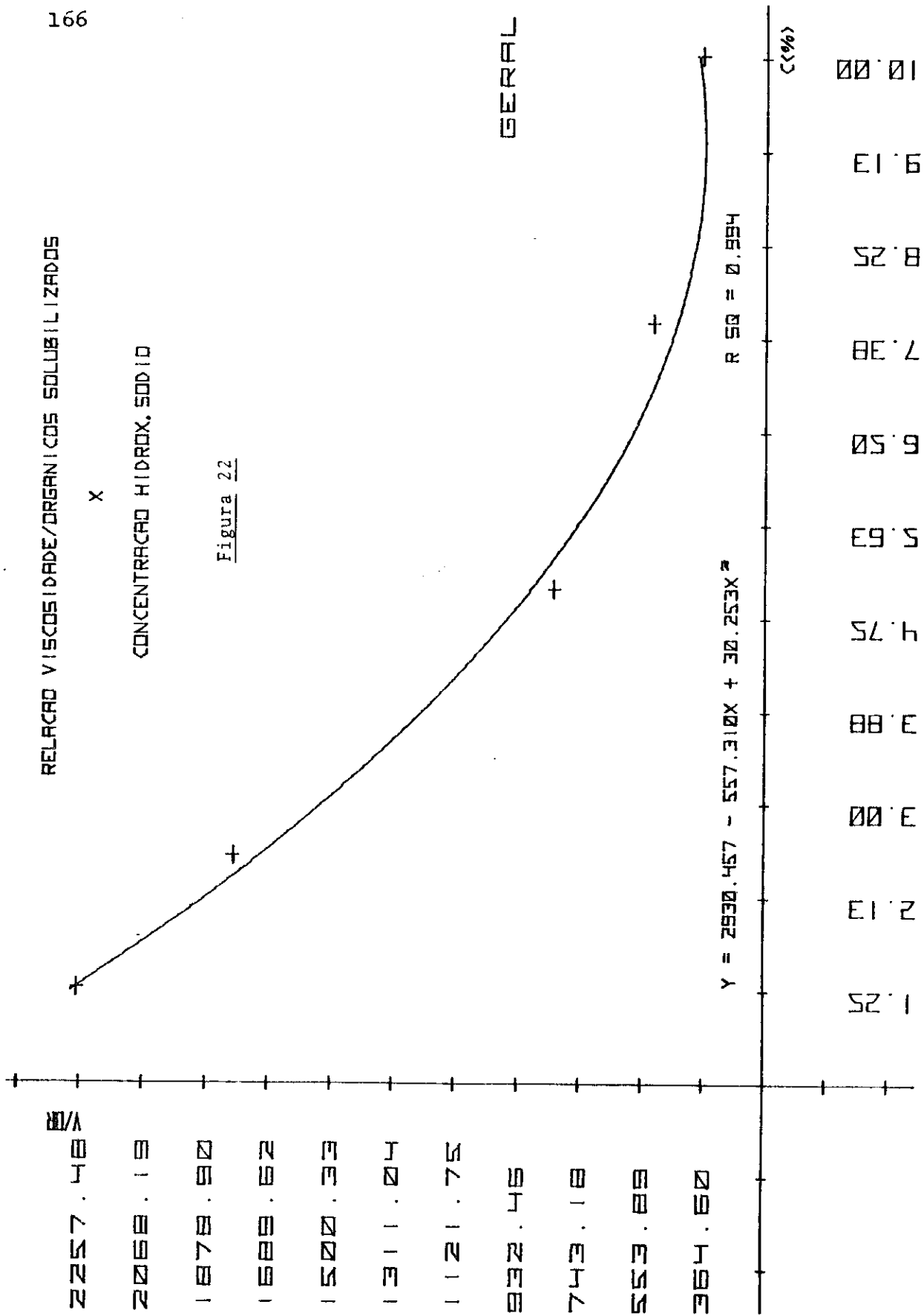
RELACAO VISCOSIDADE/ORGANICOS SOLUBILIZADOS

X

CONCENTRACAO HIDROX. SODIO

Figura 22

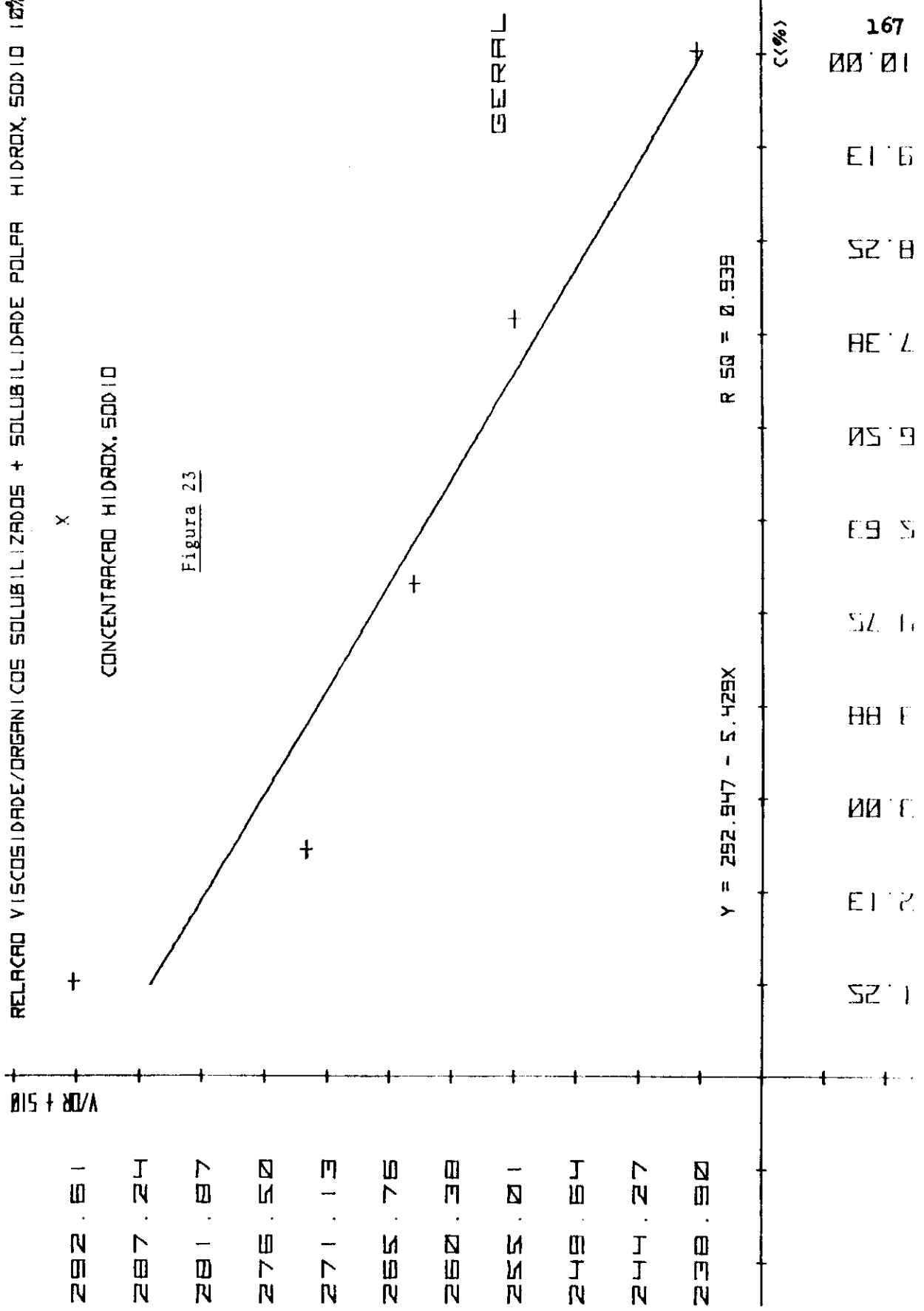
GERAL



RELACAO VISCOSIDADE/ORGANICOS SOLUBILIZADOS + SOLUBILIDADE POLPA HIDROX. SODIO 10%

X
CONCENTRACAO HIDROX. SODIO

Figura 23



167
00 01
E1 6
S2 8
8E 7
05 9
E9 5
S2 6
88 8
00 0
E1 2
S2 1

168

VARIACAO SOLUBILIDADE POLPA HIDROX. SODIO 10%

X

CONCENTRACAO HIDROX. SODIO

Figura 24

GERAL

Y (%)

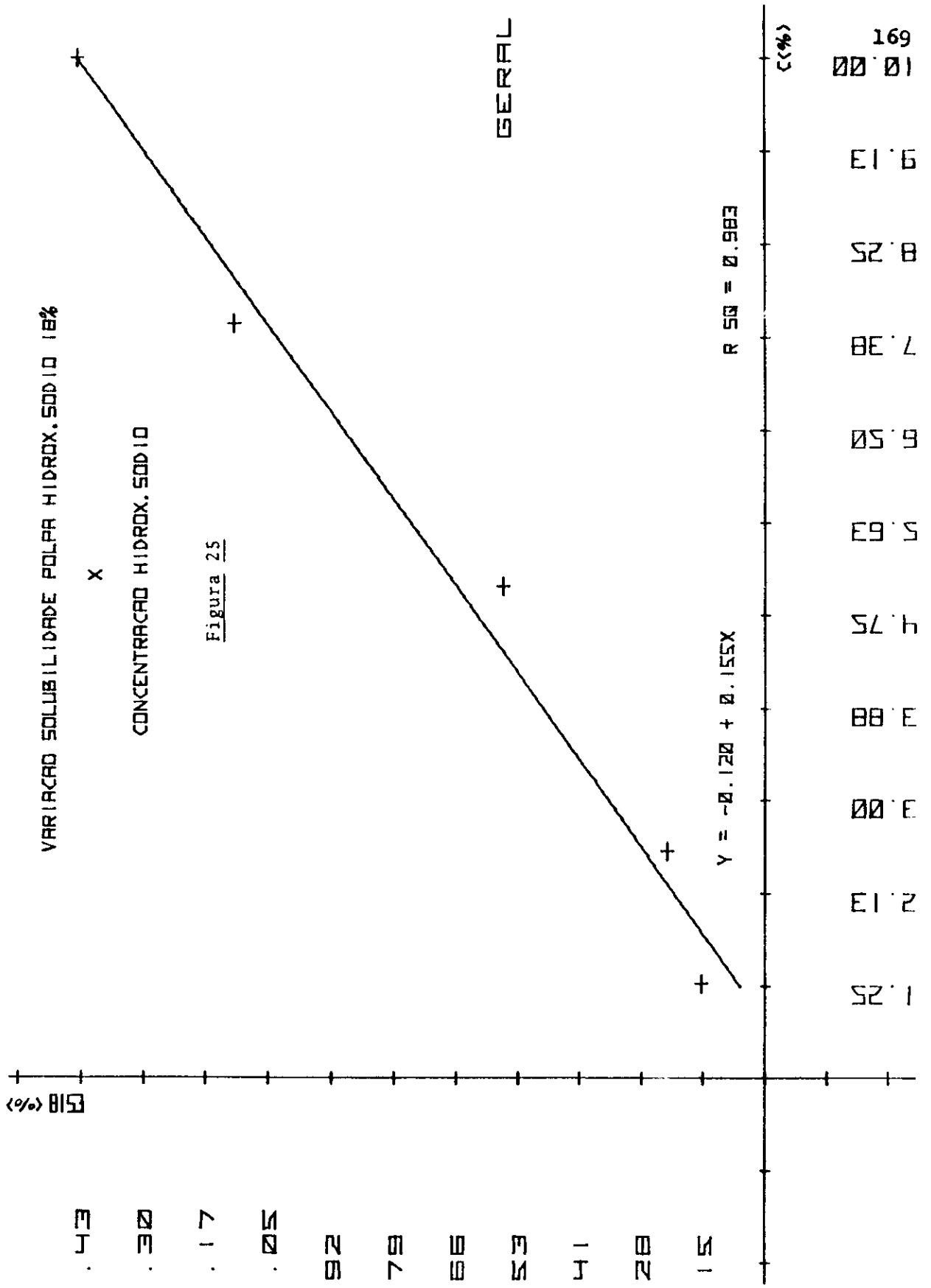
1.93
1.77
1.61
1.46
1.30
1.14
.98
.82
.67
.51
.35

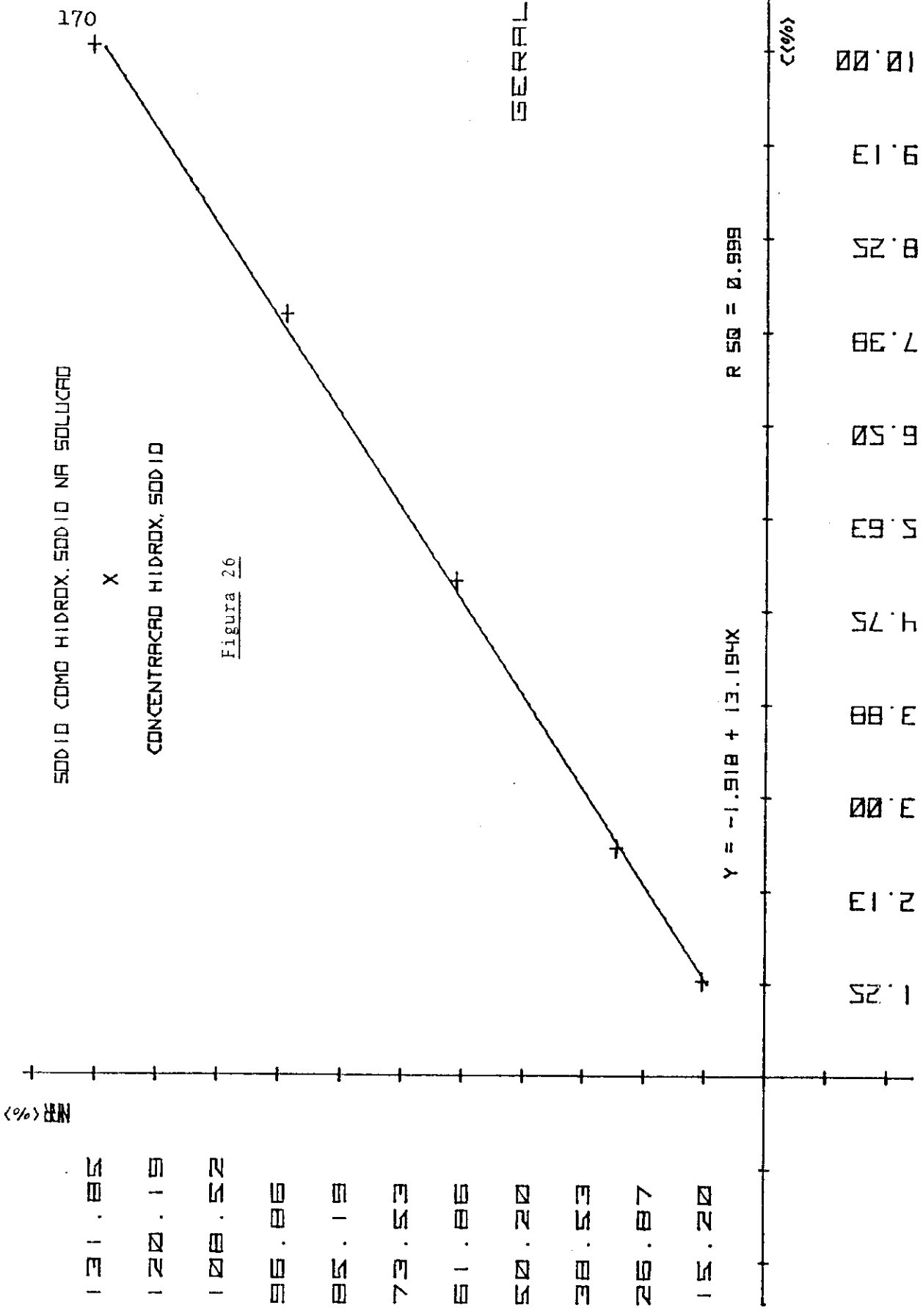
$Y = 0.0025 + 0.1900X$

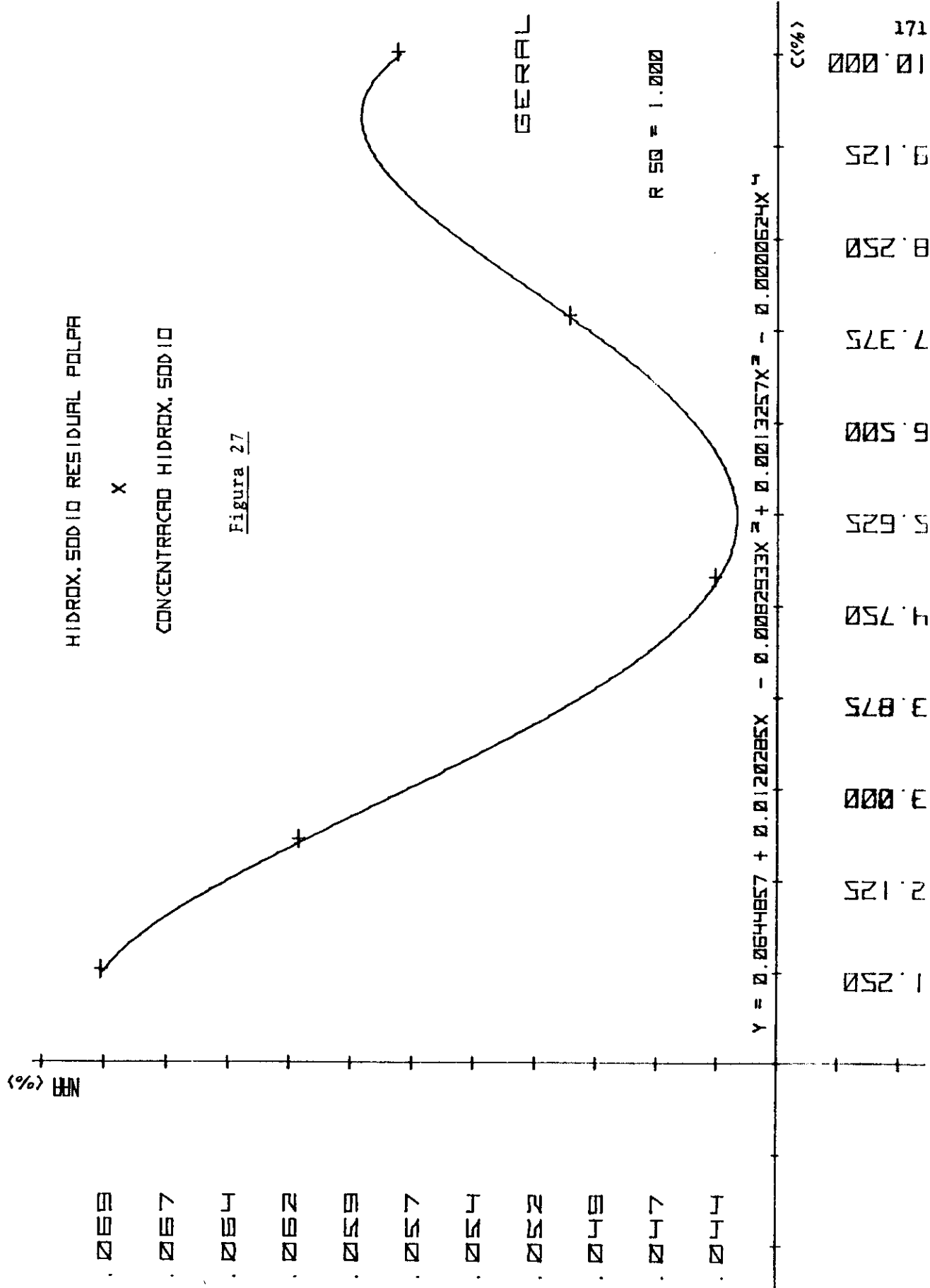
$R^2 = 0.986$

C (%)

1.25
2.13
3.00
3.88
4.75
5.63
6.50
7.38
8.25
9.13
10.01







A análise do Quadro 2 e Figuras 15 a 27 permite observar, de imediato, a notável influência que a concentração da solução de NaOH exerce sobre a remoção de orgânicos no estágio de refinação alcalina, e por conseguinte, sobre as propriedades das polpas após o tratamento de extração. Em trabalhos anteriores, FOELKEL *et alii* (1980) e MARENGO *et alii* (1980) relatavam ser a concentração da solução de soda cáustica uma variável do mais alto significado para o sucesso da purificação alcalina. Como resultado daquelas pesquisas, considerou-se que a extração de orgânicos da polpa era maior, quando se utilizava uma solução de NaOH com concentração por volta de 10% em peso.

Dentro da faixa de concentrações estudadas no presente trabalho, entre 1,25% a 10,00%, notou-se que o aumento da concentração resultava em uma maior remoção de material orgânico da polpa, conforme atestam os teores de orgânicos extraídos mostrados no Quadro 2 e Figura 20. Observou-se, inclusive, um comportamento tipicamente linear para a variação do teor de orgânicos extraídos em função da concentração da solução cáustica. Como consequência, modelos de variação linear foram também notados para as variações das solubilidades médias em NaOH a 10% e 18% das polpas após purificação, em função da concentração da solução extratora. Como o aumento da concentração implicava em maiores extrações, a solubilidade em NaOH das polpas extraídas diminuía linearmente. Por outro lado, as frações insolúveis (R_{10} e R_{18}) aumentavam linearmente com o aumento da concentração da solução extratora. Importante considerar que a diferença entre R_{18} e R_{10} diminuía linearmente com o aumento da concentração, o que é do mais alto significado prático. Lembrar que para o processo de fabricação de viscose, é desejável que DR seja a menor possível.

Uma observação curiosa pode ser tirada da análise da Figura 21. Notou-se que, conforme se aumentava a concentração da solução de extração, aumentava linearmente a quantidade de material potencialmente extraível da polpa ($OR + S_{10}$). Certamente o fenômeno ocorre por duas causas: primeiro, que a dupla ação de condições favoráveis para extração promovem uma melhor limpeza das fibrilas elementares de celulose, retirando maior quantidade de hemiceluloses de mais difícil acesso; segundo, que o tra-

tamento mais severo ocasiona uma degradação maior da celulose, colocando em solução alguns fragmentos causados pela sua ação degradadora. Pode-se notar que o aumento da concentração ocasionou uma perda não uniforme de viscosidade da celulose após a refinação, embora fosse de se esperar que a viscosidade tendesse a aumentar pela purificação. Isso deve significar que o aumento da concentração traz, até certo ponto, uma quebra de algumas cadeias celulósicas. Entretanto, dentro dos limites estudados, essa degradação não se traduziu em prejuízos à polpa.

Conclusões

Das duas variáveis estudadas, consistência e concentração da solução extratora, apenas a última mostrou realmente efeitos importantes. A influência da consistência foi pequena, donde se pode concluir que o desejável é se trabalhar com consistências mais altas, visto que com isso diminui-se a carga de soda cáustica aplicada base polpa a.s.. A concentração da solução extratora é do mais alto significado, devendo-se dar preferência a soluções com cerca de 10% de concentração para os melhores benefícios técnicos, como maior refinação e melhores características de pureza da polpa solúvel resultante. Entretanto, se por razões econômicas, a concentração de 10% for demasiada, pode-se procurar combinar as variáveis consistência e concentração de uma forma adequada, visando reduzir ao mínimo a aplicação de NaOH e mantendo uma purificação eficiente.

Literatura citada

FOELKEL, C.E.B.; MARENGO, J.V.; MENDONÇA, C.A.A.; BRAGA, C.A. & DILÉLIO, F.R.B. - Acerca da solubilidade em álcalis de materiais celulósicos. I. Madeiras do eucalipto e da acácia negra e polpas comerciais de fibras curtas. In: Trabalhos Técnicos ABCP, XIII Congresso Anual, p. 43-53, 1980

MARENGO, J.V.; SAUER, M.J.; FOELKEL, C.E.B. & BUTTURE, N.S. - Acerca da solubilidade em álcalis de materiais celulósicos. II. Estudos para otimizar a remoção de hemiceluloses em polpas bran-

queadas. In: Trabalhos Técnicos ABCP, XIII Congresso Anual, p. 55-65, 1980

MARENGO, J.V.; SAUER, M.J.; BORGES, E.B.; LOPES, C.N.; PETRIK, A.W. & FOELKEL, C.E.B. - Refinação alcalina de polpa solúvel branqueada. I. Influência da temperatura e do tempo de tratamento. In: Trabalhos Técnicos ABCP, XIII Congresso Anual, p. 171-182, 1980