

# ESTABILIDADE FENOTÍPICA DE CULTIVARES DE SOJA NO SUDESTE DO RIO GRANDE DO SUL<sup>1</sup>

FRANCISCO DE JESUS VERNETTI, MARIO FRANKLIN DA CUNHA GASTAL<sup>2</sup>  
e ÉLIO PAULO ZONTA<sup>3</sup>

RESUMO - A estabilidade fenotípica de 13 cultivares de soja *Glycine max* (L.) Merrill, em 35 ambientes de três municípios do sudeste do Rio Grande do Sul, foi avaliada por meio de regressão linear segmentada:  $E(Y) = B_0 + B_1X + B_2X_1$ . As cultivares, recomendadas para cultivo nesse estado, foram seis de ciclo curto (V-VI), três de ciclo médio (VII), duas de ciclo semi-tardio (VIII) e duas de ciclo longo (VIII). Todas elas responderam aproximadamente da mesma maneira aos estímulos dos ambientes positivos, pois os respectivos coeficientes de regressão  $B_2$  não foram significativos. A cultivar Hampton, além de ser a mais produtiva, apresentou alta estabilidade, com coeficiente de regressão  $B_1$  não-significativo. Anos consecutivos corresponderam a ambientes diferentes, nos locais em que os experimentos foram realizados. Os melhores ambientes identificaram-se com as melhores condições de solo, e os piores, em geral, com as condições de planossolo mal drenado e de vermelho-amarelo podzólico quimicamente pobre, nos quais o déficit hídrico foi mais freqüente e mais intenso. Como nenhum coeficiente de regressão  $B_2$  foi significativo, poder-se-ia ter ajustado uma só equação de regressão, independentemente de índices de ambientes positivos e negativos (método de Eberhart & Russell).

Termos para indexação: *Glycine max*, regressão linear segmentada.

## PHENOTYPIC STABILITY OF SOYBEAN CULTIVARS IN SOUTHEASTERN RIO GRANDE DO SUL, BRAZIL

ABSTRACT - The phenotypic stability of 13 cultivars of soybean *Glycine max* (L.) Merrill, in 35 environments of three counties of southeastern Rio Grande do Sul, Brazil, was evaluated by a segmented regression analysis:  $E(Y) = B_0 + B_1X + B_2X_1$ . The cultivars recommended for planting in that state were six early (V-VI), three medium (VII), two semi-late (VIII) and two late (VIII). All responded similarly to the favorable environments. Their  $B_2$  regression coefficients were non-significant. The Hampton cultivar had the highest yield and the best stability, with nonsignificant  $B_1$  regression coefficient. Consecutive years corresponded to diverse environment, in the counties where the experiments were carried out. The best environments were related to the best soil conditions and the worse ones, most times were related to the poorly-drained Planosol and to the red-yellow podzolic soil which was chemically poor. In both the water deficit was more frequent and more intense. As none  $B_2$  coefficient was significant, it would be possible to adjust only one regression equation, independently of positive and negative environments (Eberhart & Russell method).

Index terms: *Glycine max*, segmented regression analysis.

## INTRODUÇÃO

O fenótipo de cada indivíduo de uma população reflete as influências genéticas e não-genéticas sobre seu desenvolvimento. As influências não-genéticas são determinadas pelo

<sup>1</sup> Aceito para publicação em 7 de junho de 1990.

<sup>2</sup> Eng. - Agr., M.Sc., EMBRAPA/Centro de Pesquisa Agropecuária de Terras Baixas de Clima Temperado (CPATB), Caixa Postal 553, CEP 96100 Pelotas, RS.

<sup>3</sup> Eng. - Agr., M.Sc., Prof. Adjunto, Dep. de Matemática e Estatística da Univ. Fed. de Pelotas, Caixa Postal 354, CEP 96100 Pelotas, RS.

ambiente, vocábulo que tem dois significados: ambiente de um organismo em relação ao de outro, ambos crescendo e se desenvolvendo ao mesmo tempo, quase no mesmo lugar; e ambiente associado a uma localidade, em certo período de tempo. Em termos mais amplos, compreendemos que os ambientes diferem em áreas distintas, bem como em períodos sucessivos de tempo.

A resposta fenotípica a cada mudança de ambiente não é a mesma para todos os genótipos. Portanto, as conseqüências da diversidade genotípica dependem do ambiente. A constituição genética determina uma variação intrínseca própria, para cada organismo, a qual depende de sua origem e o acompanha por toda a vida. A variação ambiental, que corresponde aos fatores externos, é independente da origem do organismo, não é herdável e, durante a vida do indivíduo, pode sofrer mudanças acentuadas.

Allard & Bradshaw (1964), ao discutirem os efeitos das interações genótipo x ambiente sobre o melhoramento genético de plantas, postulam que as variações de ambiente podem ser de dois tipos: previsíveis, que correspondem às características permanentes (tipo de solo, clima, fotoperíodo, data e densidade de semeadura, tratamentos culturais, p. ex.), e imprevisíveis, que resultam das flutuações incontroláveis e das que são fruto do acaso (quantidade e distribuição de chuva e de temperaturas, densidade real de plantas na lavoura, variações nas práticas culturais, p.ex.). Cada uma influi diferentemente sobre os procedimentos usados no estágio de teste de rendimento de linhagens e cultivares.

Tem sido demonstrado que alguns genótipos possuem a capacidade de se adaptarem bem e, portanto, de proporcionarem rendimentos satisfatórios em uma gama bastante ampla de condições ecológicas, enquanto outros mostram boa adaptação às condições ecológicas mais ou menos específicas. Em geral, estes são mais exigentes quanto às condições de clima e de fertilidade do solo. Portanto, torna-se difícil, muitas vezes, demonstrar a superioridade de uma ou mais cultivares, para

uma dada área geográfica. A interação genótipo x ambiente reduz a correlação entre o fenótipo e seu genótipo, restringindo a validade das inferências sobre seu comportamento, tanto do ponto de vista do melhoramento genético, como da herança de caracteres quantitativos.

O melhorista procura criar genótipos de alta capacidade produtiva. Mas, quanto à adaptação, deve decidir entre duas opções: criar cultivares que se comportem bem em uma ampla variedade de ambientes, ou, então, que sejam altamente adaptadas a ambientes específicos. Na primeira alternativa, a interação genótipo x ambiente será pequena e, na segunda, grande. Se os ambientes podem ser caracterizados antecipadamente, a segunda alternativa é a mais indicada, isto é, nessa hipótese, é necessário que os padrões climáticos, a fertilidade do solo, etc., sejam mais ou menos uniformes ano a ano. No entanto, sabemos que, como regra, essa não é a situação encontrada na maioria das regiões do Brasil.

Também a seleção de novas cultivares e a escolha de progenitores para cruzamentos devem basear-se no comportamento dos diversos genótipos em mais de uma localidade e em mais de um ano, pois a interação genótipo x ambiente é, via de regra, grande.

Quando uma espécie é testada numa região e aparecem grandes interações cultivares x locais, é porque possui ambientes especiais, diferentes. Igualmente, grandes variações cultivares x tratamento (genótipo x níveis de fertilidade, genótipos x épocas de semeadura, etc.) indicam que os tratamentos induzem ambientes especiais.

Ordinariamente, os delineamentos experimentais e a metodologia para avaliar e separar a variação causada pelo ambiente da variação originada da herança não consideram a sua interação.

De tudo o que foi exposto, infere-se que uma das necessidades do melhorista, para poder orientar eficientemente sua atividade, é avaliar a interação genótipo x ambiente de cada cultivar, em cada ambiente, estabelecendo parâmetros de estabilidade fenotípica indivi-

duais. O parâmetro de estabilidade fenotípica é uma boa medida de capacidade de adaptação dos genótipos a ambientes diversificados.

Todos os métodos que visam a estimar estatisticamente os parâmetros de estabilidade fenotípica fundamentam-se nas interações entre genótipos e ambientes. As diferenças de metodologia que apresentam decorrem dos diferentes conceitos de estabilidade que cada um adota e dos diferentes procedimentos estatísticos empregados para estimá-la.

O primeiro método criado para estimar estabilidade preconiza a análise de variância conjunta de grupos de experimentos uniformes de cultivares, instalados e conduzidos em vários pontos de determinada área geográfica, durante dois ou mais anos. Desta forma, determinam-se os efeitos simples das cultivares, dos locais e dos anos, e a magnitude das interações cultivares x locais, cultivares x anos e cultivares x locais x anos.

Posteriormente, vários métodos foram sugeridos para avaliar a estabilidade fenotípica: Yates & Cochran (1938), Sprague & Federer (1951), Horner & Frey (1957), Plaisted & Peterson (1959), Allard (1961), Wricke (1962), Finlay & Wilkinson (1963), Rowe & Andrew (1964), Eberhart & Russell (1966), Baker (1969), Hanson (1970), Tai (1971), Camacho (1968), Bucio Alanis (1966), Bucio Alanis & Hill (1966), Perkins & Jinks (1968 a,b), Bucio Alanis et al. (1969), Perkins (1969, 1972), Freeman & Perkins (1971), Mungomery et al. (1974), Verma et al. (1978) e Silva & Barreto (1985). De todos eles, os mais utilizados têm sido o de Finlay & Wilkinson (1963) e o de Eberhart & Russell (1966). Finlay & Wilkinson (1963) e o de Eberhart & Russell (1966).

Vernetti et al. (1987) avaliaram o desempenho de 24 cultivares de soja, em 35 experimentos realizados em três municípios da região sudeste do Rio Grande do Sul, nos anos agrícolas 1971/72 a 1982/83 (12 anos).

Neste trabalho, é analisada a estabilidade fenotípica de 13 cultivares de soja que participaram de todos os anos e de todos ou de gran-

de número de locais em que foi conduzida a avaliação.

## MATERIAL E MÉTODOS

O desempenho de 13 cultivares de soja, recomendadas para plantio no Rio Grande do Sul, foi avaliada nos municípios de Pelotas, Camaquã e Arroio Grande, da região sudeste do Estado, ao longo de 12 anos (anos agrícolas 1971/72 a 1982/83).

As cultivares são representativas dos quatro ciclos biológicos observados na região:

1. **precoce** - Pérola, Planalto, IAS 5, Paraná, Pampa e Prata;
2. **médio** - Bragg, Davis e IAS 4;
3. **semi-tardio** - Bossier e Hampton;
4. **tardio** - Santa Rosa e Hardee.

Foram realizados 35 ensaios, em cinco tipos de solos diferentes:

1. **Camaquã** - (Gley Húmico eutrófico, relevo plano) - 1973/74 a 1976/77;
2. **Camaquã** - (Planossolo, relevo plano) - 1971/72 a 1975/76;
3. **Pelotas** - (Planossolo, relevo suavemente ondulado) - 1972/73 a 1979/80;
4. **Pelotas** - (Planossolo, relevo plano) - 1971/72 a 1975/76 e 1980/81 a 1982/83;
5. **Arroio Grande** - (Vermelho-amarelo podzólico, relevo ondulado) 1973/74 a 1981/82.

As datas de semeadura e emergência desses ensaios, bem como o número de cultivares e de repetições de cada um, seus delineamentos experimentais, forma e tamanho das parcelas, foram apresentados por Vernetti et al. (1987).

Os locais de realização dos experimentos em cada município não foram os mesmos nesses 12 anos. Isso porque ora a terra mudou de proprietário, ora o agricultor desinteressou-se da cooperação com a pesquisa, ora deixou de cultivar soja ou concentrou sua atividade em outras culturas (arroz, principalmente) ou na pecuária de corte, e, também, porque a rotação de áreas de cultura é um imperativo a cada dois ou três anos, no máximo.

Esses fatos, aliados às diferenças climáticas decorrentes da sucessão de anos, sustentam o conceito da diversificação anual do ambiente de cada local. Em outras palavras, a avaliação da estabilidade fenotípica das 13 cultivares foi realizada em 35 ambientes da região sudeste do Rio Grande do Sul, conforme detalhado na Tabela 1.

Os dados foram submetidos à análise da variação

conjunta, segundo uma classificação dupla não balanceada, como abaixo se detalha:

| Causas da variação  | GL          |
|---------------------|-------------|
| Ambiente            | 34          |
| Cultivar            | 12          |
| Ambiente x cultivar | 372         |
| Resíduo             | 1204        |
| <b>Total</b>        | <b>1622</b> |

Para a determinação da estabilidade fenotípica utilizou-se o método de regressão segmentada, proposto por Silva & Barreto (1985), cuja equação é dada por  $E(Y) = B_0 + B_1X + B_2X_1$ . (Fig. 1). Nessa equação, Y representa a produção de cada cultivar; X é o índice de ambiente (IA), calculado como o desvio da média de cada ambiente em relação à média geral ajustada, resultante da análise da variação;  $X_1$  é uma variável que assume os valores  $X_1 = 0$  quando  $X < 0$  e  $X_1 = X$  para índices de ambiente positivos;  $B_0$ ,  $B_1$  e  $B_2$  representam os coeficientes de regressão. Dessa forma, para ambientes negativos tem-se a equação  $Y = B_0 + B_1X$ , e para ambientes positivos,  $Y = B_0 + (B_1 + B_2)X$ .

Assim, uma cultivar estável é a que, além da elevada produtividade, tem um baixo coeficiente  $B_1$  (seu rendimento mantém-se estável em ambientes ruins), apresenta o maior  $B_2$  possível (boa resposta de rendimento em ambientes favoráveis) e alto coeficiente de determinação. A Fig. 1 ilustra o comportamento de uma cultivar estável.

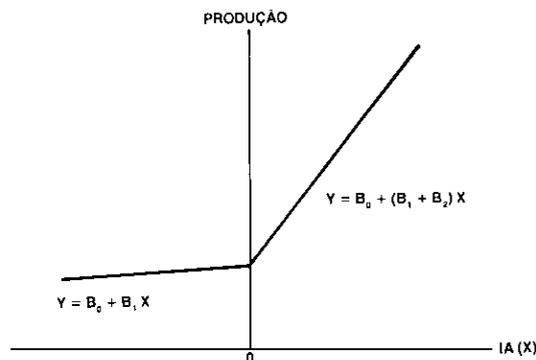


FIG. 1. Modelo de estimação da estabilidade fenotípica de cultivares, segundo Silva & Barreto 1985.

O conceito de estabilidade fenotípica é, pois, diferente dos propostos por Finlay & Wilkinson (1963), Eberhart & Russell (1966), Hanson (1970) e Tai (1971).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A aptidão mesoagroclicmática da região sudeste do Rio Grande do Sul para a cultura da soja, com base na combinação da soma de temperaturas efetivas superiores a 15°C em janeiro, na disponibilidade de água (P) e, principalmente, na demanda atmosférica (EP), que aumenta nas regiões de baixa altitude, foi apresentada por Vernetti et al. (1980). Segundo esses critérios, a parte sul do Litoral é classificada como marginal (deficiência hídrica), e a encosta do Sudeste e a serra do Sudeste, como regulares.

Nessas regiões fisiográficas, as temperaturas são favoráveis à espécie, mas a precipitação pluvial, na maioria dos anos, não atinge os níveis mínimos necessários ao crescimento e desenvolvimento normais das plantas, ou é mal distribuída. Daí advém a deficiência hídrica e o conseqüente estresse das plantas.

Dito de outra maneira, o desempenho produtivo anual das cultivares é influenciado pela quantidade e distribuição das chuvas. No caso de haver seca, a produtividade é influenciada pelo estágio do ciclo vital em que se encontram as plantas na época em que sofrem o estresse provocado pela insuficiência de umidade.

A análise da variação conjunta dos dados dos 35 ensaios fornecem valores de F significativos ao nível de 1% de probabilidade para ambiente e cultivar, e valor não significativo para a interação ambiente x cultivar. Portanto, fica confirmada a ocorrência de ambientes distintos ao longo dos anos, nos locais de três municípios onde os ensaios foram instalados. Também as cultivares tiveram comportamento diferenciado, independentemente de anos e locais.

As médias ajustadas das cultivares e os índices de ambiente estão na Tabela 2. Observa-se que a amplitude de variação dos índices de

ambiente foi de -982,8 a +1.434,9 kg/ha, em torno da média geral ajustada de 2.534,9 kg/ha dos 35 ambientes (experimentos).

Em dezesseis ambientes o índice de ambiente foi positivo, com destaque para os quatro anos de Camaquã ("banhado"), dois anos de Camaquã planossolo, dois anos de Pelotas

planossolo ondulado e um ano de Pelotas planossolo. Em 19 ambientes o índice de ambiente foi negativo, principalmente em sete anos de Pelotas planossolo, em três anos de Pelotas planossolo ondulado, em dois anos de Arroio Grande e em dois anos de Camaquã planossolo.

Observa-se que os ambientes mais desfavore-

TABELA 1. Número de repetições das treze cultivares distribuídas nos diversos ambientes.

| Ambientes Local    |   | Ano | Bossier | Bragg | Davis | Hampton | Hardee | IAS 4 | IAS 5 | Pampeira | Paraná | Pérola | Planalto | Prata | Sta. Rosa | Nº do Ambiente |
|--------------------|---|-----|---------|-------|-------|---------|--------|-------|-------|----------|--------|--------|----------|-------|-----------|----------------|
| P                  | P | O   | 72/73   | 0     | 4     | 4       | 4      | 4     | 0     | 0        | 0      | 0      | 4        | 0     | 4         | 1              |
| E                  | L | N   | 73/74   | 4     | 4     | 4       | 4      | 4     | 4     | 4        | 0      | 4      | 4        | 4     | 4         | 2              |
| L                  | A | D   | 74/75   | 4     | 4     | 4       | 4      | 4     | 4     | 0        | 4      | 4      | 4        | 4     | 4         | 3              |
| O                  | N | U   | 75/76I  | 4     | 4     | 4       | 4      | 4     | 4     | 4        | 4      | 4      | 4        | 4     | 4         | 4              |
| T                  | O | L   | 75/76II | 3     | 3     | 3       | 3      | 3     | 3     | 3        | 3      | 3      | 3        | 3     | 3         | 5              |
| A                  | S | A   | 76/77   | 3     | 3     | 3       | 3      | 3     | 3     | 3        | 3      | 3      | 3        | 3     | 3         | 6              |
| S                  | S | D   | 77/78   | 4     | 4     | 4       | 4      | 4     | 4     | 4        | 4      | 4      | 4        | 4     | 4         | 7              |
| L                  | O | O   | 78/79   | 4     | 4     | 4       | 4      | 4     | 4     | 4        | 4      | 4      | 4        | 4     | 4         | 8              |
| O                  | L | O   | 79/80   | 4     | 4     | 4       | 4      | 4     | 4     | 4        | 4      | 4      | 4        | 4     | 4         | 9              |
| A                  | G | V   | 73/74   | 4     | 4     | 4       | 4      | 4     | 4     | 0        | 4      | 4      | 4        | 4     | 4         | 10             |
| R                  | R | A   | 74/75   | 4     | 4     | 4       | 0      | 4     | 4     | 4        | 4      | 4      | 4        | 4     | 4         | 11             |
| R                  | A | P   | 75/76   | 3     | 3     | 3       | 3      | 3     | 3     | 3        | 3      | 3      | 3        | 3     | 3         | 12             |
| O                  | N | O   | 76/77   | 4     | 4     | 4       | 4      | 4     | 4     | 4        | 4      | 4      | 4        | 4     | 4         | 13             |
| I                  | D | N   | 77/78   | 4     | 4     | 4       | 4      | 4     | 4     | 4        | 4      | 4      | 4        | 4     | 4         | 14             |
| O                  | E | D   | 78/79   | 4     | 4     | 4       | 4      | 4     | 4     | 4        | 4      | 4      | 4        | 4     | 4         | 15             |
| U                  | L | U   | 79/80   | 4     | 4     | 4       | 0      | 4     | 4     | 4        | 4      | 4      | 4        | 4     | 4         | 16             |
| L                  | A | D   | 80/81   | 4     | 4     | 4       | 0      | 4     | 4     | 4        | 4      | 4      | 4        | 4     | 4         | 17             |
| O                  | P | P   | 71/72   | 5     | 5     | 5       | 5      | 0     | 5     | 5        | 0      | 0      | 5        | 5     | 5         | 18             |
| E                  | L | L   | 72/73   | 3     | 3     | 3       | 3      | 0     | 3     | 3        | 3      | 3      | 3        | 3     | 0         | 19             |
| L                  | A | A   | 73/74   | 4     | 4     | 4       | 4      | 4     | 4     | 0        | 4      | 4      | 4        | 4     | 4         | 20             |
| O                  | N | N   | 74/75   | 4     | 4     | 4       | 4      | 4     | 4     | 4        | 4      | 4      | 4        | 4     | 4         | 21             |
| T                  | O | I   | 75/76I  | 4     | 4     | 4       | 0      | 4     | 4     | 4        | 4      | 4      | 4        | 4     | 4         | 22             |
| A                  | S | C   | 75/76II | 4     | 4     | 4       | 0      | 4     | 4     | 4        | 4      | 4      | 4        | 4     | 4         | 23             |
| S                  | S | I   | 80/81   | 4     | 4     | 4       | 0      | 4     | 4     | 4        | 4      | 4      | 4        | 4     | 4         | 24             |
| L                  | O | E   | 81/82   | 4     | 4     | 4       | 0      | 4     | 4     | 4        | 4      | 4      | 4        | 4     | 4         | 25             |
| O                  | L | O   | 82/83   | 4     | 4     | 4       | 0      | 4     | 4     | 0        | 4      | 4      | 4        | 4     | 4         | 26             |
| C                  | P | P   | 71/72   | 5     | 5     | 5       | 5      | 0     | 5     | 5        | 0      | 0      | 5        | 5     | 5         | 27             |
| A                  | L | L   | 72/73   | 3     | 3     | 3       | 3      | 0     | 3     | 3        | 3      | 3      | 3        | 3     | 0         | 28             |
| M                  | A | A   | 73/74   | 4     | 4     | 4       | 4      | 4     | 4     | 0        | 4      | 4      | 4        | 4     | 4         | 29             |
| A                  | N | N   | 74/75   | 4     | 4     | 0       | 4      | 4     | 4     | 4        | 4      | 4      | 4        | 4     | 4         | 30             |
| Q                  | U | I   | 75/76   | 4     | 4     | 4       | 0      | 4     | 4     | 4        | 4      | 4      | 4        | 4     | 4         | 31             |
| U                  | S | C   |         |       |       |         |        |       |       |          |        |        |          |       |           |                |
| Á                  | S | I   |         |       |       |         |        |       |       |          |        |        |          |       |           |                |
| S                  | O | L   |         |       |       |         |        |       |       |          |        |        |          |       |           |                |
| O                  | L | O   |         |       |       |         |        |       |       |          |        |        |          |       |           |                |
| C                  | G | E   | 73/74   | 4     | 4     | 4       | 4      | 4     | 4     | 0        | 4      | 4      | 4        | 4     | 4         | 32             |
| A                  | L | U   | 74/75   | 4     | 4     | 4       | 4      | 4     | 4     | 4        | 4      | 4      | 4        | 4     | 4         | 33             |
| M                  | E | T   | 75/76   | 4     | 4     | 4       | 0      | 4     | 4     | 4        | 4      | 4      | 4        | 4     | 4         | 34             |
| A                  | Y | R.  | 76/77   | 3     | 3     | 3       | 3      | 3     | 3     | 3        | 3      | 3      | 3        | 3     | 3         | 35             |
| Q                  | U | A   |         |       |       |         |        |       |       |          |        |        |          |       |           |                |
| H                  | Ú | L   |         |       |       |         |        |       |       |          |        |        |          |       |           |                |
| M                  | I | N   |         |       |       |         |        |       |       |          |        |        |          |       |           |                |
| C                  | O | Í   |         |       |       |         |        |       |       |          |        |        |          |       |           |                |
| O                  | C | I   |         |       |       |         |        |       |       |          |        |        |          |       |           |                |
| E                  |   |     |         |       |       |         |        |       |       |          |        |        |          |       |           |                |
| Total de parcelas  |   |     | 132     | 136   | 132   | 96      | 130    | 119   | 132   | 104      | 122    | 122    | 136      | 132   | 130       |                |
| Total de ambientes |   |     | 34      | 35    | 34    | 25      | 33     | 31    | 34    | 27       | 32     | 32     | 35       | 34    | 33        |                |

TABELA 2. Médias ajustadas das cultivares e índices de ambiente.

| Am-<br>bientes | Bossier | Bragg   | Davis   | Hampton | Hardee  | IAS 4   | IAS 5   | Pampeira | Paraná  | Pérola  | Planalto | Prata   | Sta. Rosa | Índice<br>ambiente |
|----------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|---------|---------|----------|---------|-----------|--------------------|
| 1              | -       | 2609,50 | 2599,00 | 2041,75 | 573,00  | -       | -       | -        | -       | -       | 2807,50  | -       | 373,75    | -432,7             |
| 2              | 1880,50 | 2500,00 | 2047,00 | 2468,75 | 1885,50 | 1953,25 | 1864,50 | -        | 1786,75 | 2411,25 | 2047,00  | 1692,75 | 1979,25   | -445,7             |
| 3              | 1958,25 | 2129,00 | 2219,00 | 1760,50 | 1776,25 | 1869,75 | 2244,75 | -        | 2271,00 | 2724,25 | 2422,00  | 2234,50 | 1817,75   | -459,1             |
| 4              | 2333,25 | 2716,75 | 2633,25 | 2600,00 | 2516,50 | 2900,00 | 2633,25 | 2908,50  | 2535,50 | 2933,50 | 3008,25  | 2450,00 | 2266,50   | 15,0               |
| 5              | 2409,67 | 2771,00 | 2819,33 | 2777,67 | 2799,00 | 3076,67 | 3194,67 | 2840,33  | 2398,33 | 2458,33 | 2916,67  | 2035,00 | 2618,00   | 184,5              |
| 6              | 2951,33 | 3027,67 | 2743,00 | 3243,33 | 2104,33 | 2771,00 | 2555,67 | 2694,33  | 2416,67 | 2541,67 | 2909,67  | 2555,33 | 2340,33   | 72,5               |
| 7              | 3114,50 | 3510,75 | 3380,25 | 3166,75 | 2713,50 | 3479,25 | 3713,50 | 3781,25  | 3380,00 | 3599,00 | 3651,25  | 2771,00 | 2510,00   | 665,1              |
| 8              | 1947,75 | 2281,25 | 1875,00 | 2697,00 | 2213,50 | 2401,00 | 2432,50 | 2156,50  | 2000,25 | 2052,00 | 1875,25  | 1989,50 | 2661,50   | -15,6              |
| 9              | 2344,00 | 2791,75 | 3015,75 | 2916,50 | 2760,25 | 3255,00 | 2500,25 | 2958,50  | 2448,00 | 2677,25 | 3119,75  | 2765,75 | 2349,00   | 82,9               |
| 10             | 3234,25 | 3385,50 | 2942,75 | 3219,00 | 2651,00 | 3780,25 | 3593,75 | -        | 3567,75 | 4302,00 | 3802,00  | 3244,50 | 2328,00   | 624,9              |
| 11             | 2250,00 | 1974,00 | 2276,00 | -       | 2317,00 | 2083,50 | 1917,00 | 2255,00  | 2005,25 | 1922,00 | 2041,75  | 1880,25 | 2047,00   | -32,4              |
| 12             | 2597,33 | 2944,67 | 2833,00 | 2587,00 | 2055,67 | 2903,00 | 3472,33 | 3319,33  | 2958,33 | 3180,33 | 3271,00  | 3222,33 | 1368,00   | -77,1              |
| 13             | 2338,50 | 2520,50 | 2411,50 | 2729,00 | 1786,50 | 2416,75 | 2473,75 | 2390,50  | 2479,25 | 2286,50 | 2198,00  | 2260,50 | 1968,75   | -34,9              |
| 14             | 2750,25 | 2927,25 | 2947,75 | 2875,00 | 2505,25 | 3150,75 | 2594,00 | 2880,50  | 2495,00 | 2474,00 | 2593,75  | 2166,75 | 2562,50   | 62,1               |
| 15             | 2385,50 | 2458,25 | 2411,75 | 2708,25 | 2442,75 | 2718,75 | 2338,50 | 2119,75  | 2229,25 | 2333,50 | 2495,00  | 2093,75 | 2614,50   | -15,3              |
| 16             | 1958,50 | 1854,00 | 1786,25 | -       | 1427,00 | 2031,50 | 2167,00 | 1963,75  | 1927,75 | 1968,75 | 1854,00  | 1979,25 | 1578,25   | -528,1             |
| 17             | 1864,50 | 1942,50 | 1578,25 | -       | 1515,50 | 2031,25 | 1557,50 | 1693,00  | 1682,50 | 2073,00 | 1932,25  | 1994,75 | 1265,75   | -726,0             |
| 18             | 1844,40 | 2044,40 | 1694,40 | 2177,80 | 1894,40 | -       | 1711,20 | 1744,40  | -       | -       | 1444,40  | 1778,00 | 1361,20   | -782,2             |
| 19             | 1256,67 | 1159,67 | 2201,33 | 833,33  | -       | -       | 1944,66 | 2208,33  | 1333,33 | 1493,00 | 2097,33  | 2034,66 | -         | -767,9             |
| 20             | 3562,50 | 3515,75 | 3375,00 | 3462,75 | 2510,75 | 3646,00 | 3948,00 | -        | 3500,00 | 3541,75 | 3979,25  | 3586,50 | 2739,50   | 465,3              |
| 21             | 2812,75 | 2198,00 | 2739,75 | 2510,25 | 2406,25 | 2823,00 | 2354,00 | 2427,00  | 2021,00 | 2454,25 | 2854,00  | 2479,25 | 2302,25   | 134,3              |
| 22             | 1432,50 | 2125,00 | 1593,75 | -       | 1953,25 | 1854,50 | 1542,00 | 1380,25  | 1177,50 | 1906,50 | 2396,00  | 1864,75 | 1849,25   | -536,2             |
| 23             | 1344,00 | 1521,00 | 1656,50 | -       | 1479,25 | 1640,75 | 1307,25 | 1276,50  | 1141,00 | 1833,50 | 1786,00  | 1276,50 | 1479,25   | -982,8             |
| 24             | 2755,25 | 2859,75 | 2130,25 | -       | 2495,00 | 2677,00 | 2396,00 | 2349,00  | 2323,25 | 2265,75 | 2291,73  | 2265,75 | 2515,75   | -326,4             |
| 25             | 2114,50 | 2180,25 | 2369,75 | -       | 1666,75 | 2484,50 | 2599,00 | 2448,00  | 2270,75 | 2462,25 | 2328,25  | 2677,00 | 1437,75   | -256,5             |
| 26             | 1713,50 | 1640,75 | 2114,50 | -       | 1791,50 | 1916,75 | 2276,25 | -        | 1614,75 | 2083,50 | 2187,75  | 1620,00 | 2161,50   | -523,5             |
| 27             | 2575,40 | 2629,40 | 1812,60 | 2749,80 | 2012,60 | -       | 2233,20 | 2058,20  | -       | -       | 2391,60  | 1571,00 | 1979,20   | -320,4             |
| 28             | 2257,00 | 2375,33 | 2354,33 | 2486,33 | -       | 2132,00 | 2625,20 | 2590,33  | 2402,67 | 2291,67 | 2479,00  | 2472,33 | -         | -246,4             |
| 29             | 3437,50 | 3864,75 | 3531,25 | 4468,75 | 4031,50 | 3427,25 | 4042,00 | -        | 3896,00 | 3895,75 | 3854,00  | 3187,25 | 3437,50   | 865,9              |
| 30             | 3750,00 | 3941,75 | -       | 3874,75 | 3817,00 | 3641,50 | 3641,50 | 4008,25  | 3291,75 | 3867,00 | 3808,23  | 3550,00 | 3425,00   | 1190,6             |
| 31             | 2484,50 | 2651,00 | 2682,25 | -       | 2635,50 | 2359,50 | 1906,50 | 2026,00  | 1848,75 | 2552,25 | 2364,75  | 1630,25 | 2661,50   | 53,0               |
| 32             | 2999,75 | 4343,75 | 3260,50 | 4062,75 | 2895,75 | 3812,50 | 3708,25 | -        | 3239,50 | 3791,50 | 4197,75  | 3437,50 | 3177,00   | 797,4              |
| 33             | 3858,25 | 4758,25 | 4137,50 | 4459,25 | 4158,25 | 4266,75 | 4358,25 | 3908,25  | 3725,50 | 3991,75 | 4208,25  | 4000,00 | 3066,50   | 1434,9             |
| 34             | 2656,25 | 3239,50 | 2776,00 | -       | 2969,00 | 3406,50 | 2500,00 | 2687,50  | 2286,50 | 2718,75 | 2546,75  | 2021,00 | 3219,00   | 508,5              |
| 35             | 2375,33 | 3055,67 | 3430,33 | 2271,00 | 2292,00 | 2750,00 | 3354,33 | 3271,00  | 3243,00 | 2555,67 | 2944,33  | 3222,00 | 1722,00   | 334,2              |

Média Geral ajustada: 2534,9 kg/ha

ráveis, na maioria dos anos, foram os de “terras de arroz”. Também o planossolo de “encosta”, durante três anos, foi desfavorável à cultura. Em dois anos, diferentes dos recém-mencionados, no ambiente caracterizado por solo vermelho-amarelo podzólico (“coxilha”), os rendimentos das cultivares foram prejudicados pela ocorrência de déficit hídrico (seca).

Esse comportamento das cultivares vem confirmar observações e dados acumulados ao longo de mais de 25 anos de pesquisa e de acompanhamento das lavouras da região.

Nas Fig. 2 a 5 são apresentadas as equações de regressão e os coeficientes de determinação. Os coeficientes de regressão  $\hat{B}_1$  e  $\hat{B}_2$ , os valores e a significância do teste  $t$ , os coeficientes de determinação, assim como as médias ajustadas das cultivares estão na Tabela 3.

O coeficiente de determinação foi elevado ( $> 0,79$ ) para todas as cultivares, exceção de Santa Rosa, ( $R^2 = 0,63$ ), indicando um bom grau de ajustamento das equações de regressão

Prata  $Y = 2342,08 + 0,750X + 0,2689X_1, R^2 = 0,82$   
 Pérola  $Y = 2586,51 + 0,889X + 0,172X_1, R^2 = 0,89$   
 Planalto  $Y = 2672,44 + 0,949X + 0,1778X_1, R^2 = 0,89$

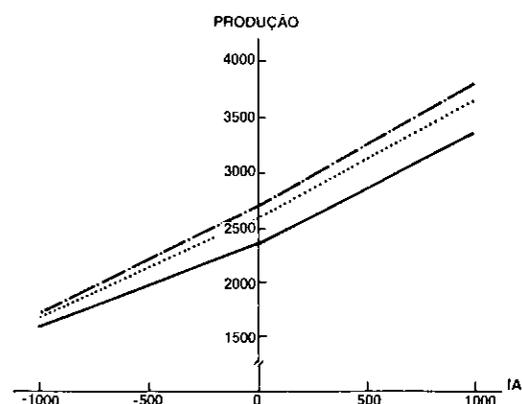


FIG. 2. Estabilidade fenotípica das cultivares Prata, Pérola e Planalto em 35 ambientes da região sudeste do Rio Grande do Sul.

TABELA 3. Coeficientes de regressão  $B_1$  e  $B_2$ ,  $K^2$ , médias ajustadas, valores do teste  $t$  e coeficientes de determinação  $R^2$  para as cultivares estudadas.

| Cultivar  | $B_1$ | $B_2$  | Valor $t$<br>P/ $B_1$ | Valor $t$<br>P/ $B_2$ | Médias<br>ajustadas | $R^2$ |
|-----------|-------|--------|-----------------------|-----------------------|---------------------|-------|
| Hampton   | 0,966 | 0,155  | 1,82 ns               | 0,22 ns               | 2735,88             | 0,85  |
| Planalto  | 0,949 | 0,178  | 2,47*                 | 0,31 ns               | 2707,80             | 0,89  |
| Bragg     | 0,992 | -0,273 | 2,59**                | 0,47 ns               | 2698,46             | 0,89  |
| IAS 4     | 1,173 | -0,217 | 2,66**                | 0,35 ns               | 2684,35             | 0,85  |
| Pérola    | 0,889 | 0,172  | 2,17*                 | 0,29 ns               | 2629,75             | 0,89  |
| IAS 5     | 1,139 | -0,121 | 2,96**                | 0,21 ns               | 2616,88             | 0,89  |
| Davis     | 1,036 | -0,031 | 2,69**                | 0,05 ns               | 2571,70             | 0,83  |
| Pampeira  | 1,151 | -0,325 | 2,89**                | 0,54 ns               | 2541,98             | 0,85  |
| Bossier   | 1,106 | -0,311 | 2,87**                | 0,54 ns               | 2446,42             | 0,90  |
| Paraná    | 0,971 | 0,003  | 2,37*                 | 0,005 ns              | 2409,38             | 0,85  |
| Prata     | 0,750 | 0,269  | 1,95 ns               | 0,46 ns               | 2397,96             | 0,82  |
| Hardee    | 0,973 | 0,083  | 2,40*                 | 0,14 ns               | 2310,31             | 0,79  |
| Sta. Rosa | 0,917 | -0,148 | 2,26*                 | 0,25 ns               | 2202,77             | 0,63  |
| Média     |       |        |                       |                       | 2534,89             |       |

\*\* Significativo ao nível de 1% de probabilidade

\* Significativo ao nível de 5% de probabilidade

ns - Não-significativo

|          |   |
|----------|---|
| Pampeira | $Y = 2609,13 + 1,151X - 0,3248X_1$ , $R^2 = 0,85$ |
| Paraná   | $Y = 2412,36 + 0,971X + 0,003X_1$ , $R^2 = 0,85$  |
| IAS 5    | $Y = 2646,89 + 1,139X - 0,1205X_1$ , $R^2 = 0,89$ |

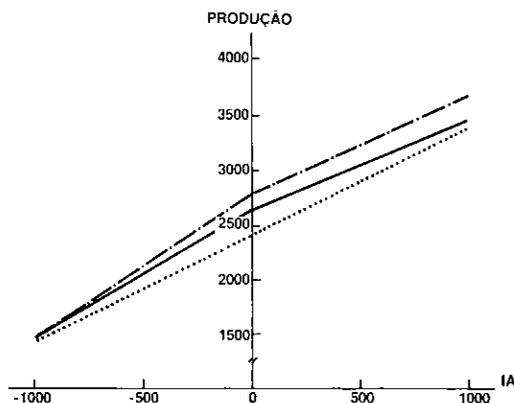


FIG. 3. Estabilidade fenotípica das cultivares Pampeira, Paraná e IAS 5 em 35 ambientes da região sudeste do Rio Grande do Sul.

|       |   |
|-------|---|
| IAS 4 | $Y = 2723,74 + 1,173X - 0,217X_1$ , $R^2 = 0,85$  |
| Davis | $Y = 2591,63 + 1,036X - 0,0305X_1$ , $R^2 = 0,83$ |
| Bragg | $Y = 2638,2 + 0,992X + 0,2729X_1$ , $R^2 = 0,89$  |

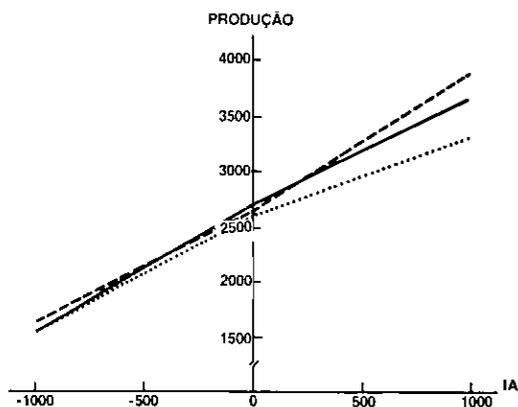


FIG. 4. Estabilidade fenotípica das cultivares IAS 4, Davis e Bragg em 35 ambientes da região sudeste do Rio Grande do Sul.

de cada cultivar, nos ambientes em que foram avaliadas.

Observando-se as médias ajustadas, verifica-se que duas cultivares tardias, Hardee e Santa Rosa, duas precoces, Paraná e Prata, e uma semitardia, Bossier, tiveram as menores produtividades, inferiores à média geral ajustada. Quanto às tardias, esse é o comportamento esperado, devido ao ciclo extremamente longo para a região (Vernetti et al. 1987, Vernetti 1988, Gastal 1988).

No que respeita às precoces e à semitardia, a baixa produtividade decorre da inadaptação específica desses genótipos à região, já que outros, de ciclos semelhantes, a ela normalmente têm mostrado boa adaptação.

Associando-se os resultados relativos às médias ajustadas e às estimativas de  $b_1$  e  $b_2$ , acompanhadas dos respectivos valores de  $t$  e sua significância, verifica-se que:

a. nos ambientes desfavoráveis (índices de ambiente negativos), praticamente todas as cultivares tiveram valores de  $b_1$  próximos à unidade e significativos, ou seja, as suas pro-

|            |   |
|------------|---|
| Hardee     | $Y = 2291,57 + 0,973X + 0,0828X_1$ , $R^2 = 0,79$ |
| Bossier    | $Y = 2511,60 + 1,106X - 0,3113X_1$ , $R^2 = 0,90$ |
| Hampton    | $Y = 2686,48 + 0,966X + 0,1547X_1$ , $R^2 = 0,85$ |
| Santa Rosa | $Y = 2232,46 + 0,917X - 0,148X_1$ , $R^2 = 0,63$  |

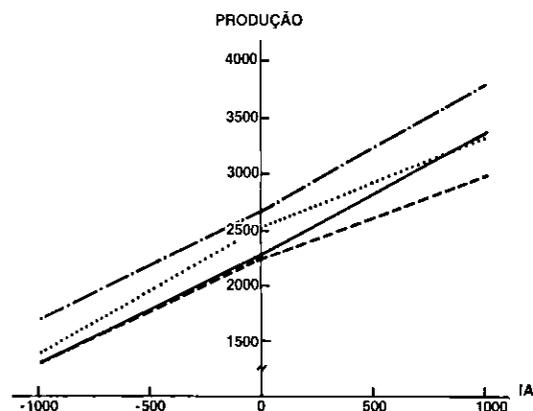


FIG. 5. Estabilidade fenotípica das cultivares Hardee, Bossier, Hampton e Santa Rosa em 35 ambientes da região sudeste do Rio Grande do Sul.

atividades aumentavam à medida que o ambiente tornava-se melhor;

b. nos ambientes favoráveis (índices de ambiente positivos), todas as cultivares tiveram valores de  $b_2$  baixos, próximos a zero, estatisticamente não diferentes de zero, o que reflete pequena ou nenhuma resposta de cada uma delas à melhoria das condições ambientais.

Finalmente, dentro do conjunto de cultivares, a cultivar Hampton se destacou, pois teve o maior rendimento médio estável, com coeficientes de regressão  $b_1$  e  $b_2$  não-significativos e coeficiente de determinação elevado.

### CONCLUSÕES

1. Anos consecutivos significaram ambientes distintos, nos locais dos três municípios em que a pesquisa foi realizada: Camaquã, Pelotas e Arroio Grande, RS.

2. Os melhores ambientes corresponderam às melhores condições de solos, e os piores, como regra, às condições de planossolo mal drenado e de vermelho-amarelo podzólico quimicamente pobre, onde o déficit hídrico é mais freqüente e mais intenso.

3. O comportamento diferenciado das cultivares não foi influenciado por anos e locais.

4. A região tem condições adequadas à adaptação de cultivares precoces (grupos de maturação V e VI), de ciclo médio (grupo de maturação VII) e semitardias (grupo de maturação VIII precoce).

5. A cultivar Hampton foi a mais estável, por que, além do rendimento médio elevado, teve os coeficientes de regressão  $b_1$  e  $b_2$  não-significativos, e alto coeficiente de determinação ( $r^2 = 0,85$ ).

6. Como nenhum coeficiente de regressão  $B_2$  foi significativo, poderia ser ajustada uma só equação de regressão, independentemente de índices de ambiente positivos e negativos (método de Eberhart & Russell).

### REFERÊNCIAS

- ALLARD, R.W. Relationship between genetic diversity and consistency of performance in different environments. *Crop Sci.*, Madison, **1**: 123-33, 1961.
- ALLARD, R.W. & BRADSHAW, A.D. Implications of genotype-environment interactions in applied plant breeding. *Crop Sci.*, Madison, **4**:503-507, 1964.
- BAKER, R.J. Genotype-environment interactions in yield of wheat. *Can. J. Plant Sci.*, Ottawa, **49**:743-51, 1969.
- BUCIO ALANIS, L. Environmental and genotype-environmental components of variability. I: Inbred lines. *Heredity*, Edimburgh, **21**(3): 387-97, 1966.
- BUCIO ALANIS, L. & HILL, J. Environmental and genotype-environmental components of variability. II. Heterozygotes. *Heredity*, Edimburgh, **21**(3):399-405, 1966.
- BUCIO ALANIS, L.; PERKINS, J.M.; JINKS, J.L. Environmental and genotype-environmental components of variability. I. Segregating generations. *Heredity*, Edimburgh, **24**:115-27, 1969.
- CAMACHO, L.H. Estabilidad y adaptabilidad de líneas homocigotas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) y su implicación en la selección por rendimiento. *Revista ICA*, Bogotá, **3**:165-78, 1968.
- EBERHART, S.A. & RUSSELL, W.A. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Sci.*, Madison, **6**:36-40, 1966.
- FINLAY, K.W. & WILKINSON, G.N. The analysis of adaptation in a plant breeding programme. *Aust. J. Agric. Res.*, Melbourne, **14**:742-54, 1963.
- FREEMAN, G.H. & PERKINS, J.M. Environmental and genotype-environmental components of variability: VIII. Relations between genotype grown in different environments and measures of these environments. *Heredity*, Edimburgh, **27**:15-23, 1971.
- GASTAL, M.F. de C. Cultivares. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro de Pesquisa Agropecuária de Terras Baixas de Clima Temperado, Pelotas,

- RS. Soja, nas várzeas da Região Sudeste do Rio Grande do Sul: indicações para cultivo. Pelotas, 1988. p.29-31. (EMBRAPA-CPATB, Circular Técnica, 1).
- HANSON, W.D. Relative and comparative genotype stability parameters. **Theor. Appl. Genet.**, Berlim, **40**:226-31, 1970.
- HORNER, T.W. & FREY, K.J. Methods for determining natural areas for oat varietal recommendations. **Agron. J.**, Madison, **49**:313-15, 1957.
- MUNGOMERY, V.E.; SHORTER, R.; BYTH, D.E. Genotype x environment interactions and environmental adaptation. I. Pattern analysis-application to soya bean populations. **Aust. J. Agric. Res.**, Melbourne, **25**:59-72, 1974.
- PERKINS, J.M. Environmental and genotype-environmental components of variability. VII. Diallel sets of crosses. **Heredity**, Edimburgh, **24**:32-40, 1969.
- PERKINS, J.M. The principal component analysis of genotype environmental interactions and physical measures of the environment. **Heredity**, Edimburgh, **29**:51-70, 1972.
- PERKINS, J.M. & JINKS, J.L. Environmental and genotype-environmental components of variability. III. Multiple lines and crosses. **Heredity**, Edimburgh, **23**:339-56, 1968a.
- PERKINS, J.M. & JINKS, J.L. Environmental and genotype-environmental components of variability. IV. Non linear interaction for multiple inbred lines. **Heredity**, Edimburgh, **23**:525-35, 1968b.
- PLAISTED, R.L. & PETERSON, L.C. A technique for evaluating the ability of selections to yield consistently in different locations or seasons. **Am. Potato J.**, Washington, **36**:381-85, 1959.
- ROWE, P.R. & ANDREW, R.H. Phenotypic stability for a systematic series of corn genotypes. **Crop Sci.**, Madison, **4**:563-67, 1964.
- SILVA, J.G.C. da & BARRETO, J.N. An application of segmented linear regression to the study of genotype x environment interaction. **Biometrics**, Raleigh, **41**(4):1093, 1985.
- SPRAGUE, G.F. & FEDERER, W.T. A comparison of variance components in corn yield trials: II Error, year x variety, location x variety, and variety components. **Agron. J.**, Madison, **43**:535-41, 1951.
- TAI, G.C.C. Genotypic stability analysis and its application to potato regional trials. **Crop Sci.**, Madison, **11**:184-90, 1971.
- VERMA, M.M.; CHAHAL, G.S.; MURTY, B.R. Limitations of conventional regression analysis, a proposed modification. **Theor. Appl. Genet.**, Berlim, **53**:89-91, 1978.
- VERNETTI, F. de J. Época de semeadura. In: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro de Pesquisa Agropecuária de Terras Baixas de Clima Temperado, Pelotas, RS. **Soja, nas várzeas da região Sudeste do Rio Grande do Sul**: indicações para cultivo. Pelotas, 1988. p.17-28. (EMBRAPA-CPATB, Circular Técnica, 1).
- VERNETTI, F. de J.; GASTAL, M.F. da C.; ZONATA, E.P.; RAUPP, A.A.A. Cultivares de soja para a região sudeste do Rio Grande do Sul. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, **22**:705-18, 1987.
- VERNETTI, F. de J.; MOTA, F.S. da; ROSKOFF, J.L.C. **Fatores climáticos que influem sobre o crescimento e o desenvolvimento da soja**. Pelotas, EMBRAPA-UEPAE de Pelotas, 1980. 39p. (EMBRAPA-UEPAE Pelotas, Circular Técnica, 10).
- WRICKE, G. Zur Berechnung der Okowalenz bei Sommerweizen und Hafer. **Zeitschrift für Pflanzen Züchtung**, Berlim, **52**:127-38, 1962.
- YATES, F. & COCHRAN, W.G. The analysis of groups of experiments. **J. Agric. Sci.**, Cambridge, London, **28**:556-80, 1938.