

PESQUISA AGROPECUÁRIA GAÚCHA

ISSN 0104-9070

Volume 6

Número 1

2000

CONTEÚDO

Página

FEIJOÃO: AGRONOMIA

- Nutrientes na biomassa, rendimento e qualidade de abacaxi na segunda colheita, em função do preparo do solo e técnicas de plantio. MODEL, N.S.; SANDER, G.R.	7
- Pastagem natural melhorada pela sobressemeadura de trevo branco e adubação. CASTILHOS, Z.M. de S.; JACQUES, A.V.A.	19
Contribuição de variáveis ambientais à interação genótipo x ambiente em feijão. JOBIM, C.I.P.; LEMOS, E.C.; BURIN, M.E.; SHUCK, E.	27
Zoneamento agroclimático da cultura do milho por épocas de semeadura, no Estado do Rio Grande do Sul, Brasil. MALUF, J.R.T.; MATZENAUER, R.; CAIAFFO, M.R.	39
Efeitos reestruturantes da cultura do arroz na economia agrícola do Estado do Rio Grande do Sul, Brasil. IGREJA, A.C.M.; RUCATTI, E.G.; CAMPOS, B.E.S.	55
Comparação entre populações, cruzamentos interpopulacionais e híbridos comerciais de milho. VACARO, E.; BARBOSA NETO, J.F.; NUSS, C.; PEGORARO, D.; CONCEIÇÃO, L.D.H.	71
Variabilidade genética para velocidade de germinação em feijão (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.). EMYGDIO, B.M.; LOBATO, L.A.O.; ANTUNES, I.F.; SILVEIRA, E.P.	77
Efeito de resíduos de plantas jovens de aveia preta como cobertura de solo no crescimento inicial do milho. BORTOLINI, C.G.; SILVA, P.R.F. da; ARGENTA, G.	83
Determinação do momento da emissão de afilhos de trigo usando suplementação com luz vermelha e luz vermelha extrema: ALMEIDA, M.L. de; SANGOI, L.; ENDER, M.; TRENTIN, P.S.	89
Progressos na tolerância de alfafa a solos ácidos. MONTARDO, D.P.; DALL'AGNOL, M.; CAETANO, J.H.S.; COSTA, J.Q.F.F. da	97
Rendimento de grãos de cultivares de soja na várzea. THOMAS, A.L.; PIRES, J.L.F.; MENEZES, V.G.	107
Disponibilidade de radiação solar nos meses mais frios do ano para o cultivo do tomateiro. BURIOL, G.A.; ESTEFANEL, V.; ANDRIOLO, J.L.; MATZENAUER, R.; TAZZO, I.F.	113
Identificação de cultivares de milho com base na análise de estabilidade fenotípica. MARODIM, V.S.; STORCK, L.; LOPES, S.J.; SANTOS, O.S. dos; SOUZA, M.F. de	121

RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS

- Dinâmica reprodutiva de <i>Geophagus brasiliensis</i> (Quoy & Gaimard, 1824), no açude águas belas, Viamão, Rio Grande do Sul, Brasil (Teleostei, Cichlidae). SANTOS, G.O.; FONTOURA, N.F.	131
- Alimentação da piava, <i>Leporinus obtusidens</i> (Characiformes, Anostomidae) no lago Guaíba, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil. HARTZ, S.M.; SILVEIRA, C.M.; CARVALHO, S.; VILLAMIL, C.	145

ARTIGO DE REVISÃO

- Aspectos biológicos importantes para a piscicultura do gênero <i>Leporinus</i> Spix, 1829 - uma revisão. SANTOS, G.O.	151
- Apomixia: Um método alternativo para a produção de sementes em plantas. GAUER, L.; CAVALIARI-MOINA, S.	157

PESQUISA AGROPECUÁRIA GAÚCHA

ISSN 0104-9070

Volume 6	Number 1	2000
CONTENTS		Page
SECTION: AGRONOMY		
- Nutrients in biomass, yield and quality of pineapple second harvest-the effect of soil management techniques and planting techniques. MODEL, N.S.; SANDER, G.R.....		7
- Fertilization and sodseeding of white clover on a natural pasture. CASTILHOS, Z.M. de S.; JACQUES, A.V.A.		19
- Contribution of environmental variables to genotype x environment interaction in bean. JOBIM, C.I.P.; LEMOS, E.C.; BURIN, M.E.; SHUCK, E.		27
- Corn agroclimatic zoning by sowing dates in the state of Rio Grande do Sul, Brazil. MALUF, J.R.T.; MATZENAUER, R.; CAIAFFO, M.R.....		39
- Restruturing effects of rice culture on the agricultural economy of Rio Grande do Sul state, Brazil. IGREJA, A.C.M.; RUCATTI, E.G.; CAMPOS, B.E.S.		55
- Comparison among populations, their crosses and commercial hybrids of maize. VACARO, E.; BARBOSA NETO, J.F.; NUSS, C.; PEGORARO, D.; CONCEIÇÃO, L.D.H.		71
- Genetic variability for speed of germination in bean (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) seeds. EMYGIDIO, B.M.; LOBATO, L.A.O.; ANTUNES, I.F.; SILVEIRA, E.P.....		77
- Residue effect of young oat plants as soil cover on initial growth of maize. BORTOLINI, C.G.; SILVA, P.R.F. da; ARGENTA, G.		83
- Definition of wheat tiller emission by red and far red light. ALMEIDA, M.L. de; SANGOI, L.; ENDER, M.; TRENTIN, P.S.		89
- Progresses in alfalfa's tolerance to acid soils. MONTARDO, D.P.; DALL'AGNOL, M.; CAETANO, J.H.S.; COSTA, J.Q.F.F. da		97
- Grain yield of soybean cultivars in flooded soil. THOMAS, A.L.; PIRES, J.L.F.; MENEZES, V.G.		107
- Solar radiation availability for growth of tomatoes during the winter in Rio Grande do Sul. BURIOL, G.A.; ESTEFANEL, V.; ANDRIOLO, J.L.; MATZENAUER, R.; TAZZO, I.F.....		113
- Maize cultivar recommendation based on phenotypic stability analysis. MARODIM, V.S.; STORCK, L.; LOPES, S.J.; SANTOS, O.S. dos; SOUZA, M.F. de		121
SECTION: RENEWABLE NATURAL RESOURCES		
- Populational dynamics of <i>Geophagus brasiliensis</i> (Quoy & Gaimard, 1824) at the águas belas reservoir, Viamão, Rio Grande do Sul, Brazil (Teleostei, Cichlidae). SANTOS, G.O.; FONTOURA, N.F.		131
- Feeding of piava, <i>Leporinus obtusidens</i> (Characiformes, Anostomidae), in the Guaíba lake, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brazil. HARTZ, S.M.; SILVEIRA, C.M.; CARVALHO, S. de; VILLAMIL, C.		145
REVIEWARTICLE		
- Importance of some biological aspects to the pisciculture of the genus <i>Leporinus</i> Spix, 1829 - a review. SANTOS, G.O.		151
- Apoximixis: An alternative method of seed production in plants. GAUER, L.; CAVALLI-MOLINA, S.		157

SEÇÃO: AGRONOMIA

NUTRIENTES NA BIOMASSA, RENDIMENTO E QUALIDADE DE ABACAXI NA SEGUNDA COLHEITA, EM FUNÇÃO DO PREPARO DO SOLO E TÉCNICAS DE PLANTIO

NELSON SEBASTIÃO MODEL¹, GUIDO RENATO SANDER²

RESUMO – Buscando subsídios para melhor manejar o solo e a adubação para o abacaxizeiro, avaliou-se o efeito de técnicas de preparo do solo (convencional, cultivo em faixas e plantio direto) e de plantio (sulco e chupão) sobre o rendimento de biomassa, concentração e quantidade de nutrientes nela contidos, produtividade e qualidade de frutos do abacaxizeiro cv. Pérola na segunda colheita. O ensaio foi conduzido a campo entre ago./97 e jan./2000 na E.E. de Maquiné-RS, em Chernossolo Háplico Órtico típico. As técnicas de plantio não influenciaram as variáveis analisadas. As técnicas de preparo de solo não afetaram a produção de biomassa e a concentração de nutrientes na folha. No preparo convencional a produtividade de biomassa verde e seca e de frutos foi de 45,6, 7,4 e 14,4 t/ha e as quantidades de N, P, K, Ca e Mg nela contida foram: 99, 10, 238, 10 e 10 kg/ha, respectivamente. Mantidas as proporções de biomassa produzida e os nutrientes nela contidos, no nível tecnológico alto MODEL, 1999 no primeiro ciclo, o abacaxizeiro demandaria aproximadamente 587 kg de N e 946 kg de K₂O. A produtividade e a porcentagem de colheita no preparo convencional (14,35 t/ha e 51,2%) foram maiores² do que no plantio direto (8,61 t/ha e 31,2 %), respectivamente. O diâmetro e o comprimento da coroa dos frutos, no preparo convencional, foram maiores do que no plantio direto, mas o comprimento dos frutos e o teor de sólidos solúveis totais, não foram afetados pelos tratamentos.

Palavras-chave: Ananas comosus, manejo do solo, plantio, matéria seca, nutriente, rendimento.

NUTRIENTS IN BIOMASS, YIELD AND QUALITY OF PINEAPPLE SECOND HARVEST-THE EFFECT OF SOIL MANAGEMENT TECHNIQUES AND PLANTING TECHNIQUES

ABSTRACT - This essay was established at the Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária Experimental station in Maquiné in the northeastern Rio Grande do Sul state coastland, Brasil. From august 1997 to october 1999 were evaluated in a pineapple experiment the effect of soil management techniques (conventional, strip-tillage and no-tillage, planting techniques (furrow and spear), on biomass yield and its nutrient contents. Fruit quality and productivity were also evaluated in this pineapple cv. pérola second harvest. Results showed that soil management techniques did not affect biomass production and nutrient concentration on pineapple leaves. In the conventional tillage, biomass productivity (green and dry) and that of fruits was 45.6; 7.4; 14.4 t/ha and its contents of N; P; K; Ca and Mg amounted 99; 10; 238; 10 and 10 kg/ha respectively. Maintained the due proportions of biomass yield and its nutrients in the higher technological level (MODEL, 1999) the fertilization needs would

¹Engº Agrº M. Sc.- FEPAGRO, Rua Gonçalves Dias, 570, 90130-060. Porto Alegre, RS.

²Engº Agrº. - FEPAGRO, Estação de Pesquisa e Produção de Maquiné-RS

Recebido para publicação em 09/05/2000

be 587 kg of N and 946 kg of K O. Productivity and percentage of harvest in conventional tillage (14.35 t/ha and 51.2 %) were higher than in no-tillage (8.61 t/ha and 31.2%) respectively. Length of fruit and crown diameter in the conventional-tillage were higher than in no-tillage, but fruit length and total degree of soluble solids showed to be not affected by treatments.

INTRODUÇÃO

Um hectare com 50 000 abacaxizeiros inteiros pode produzir 225 t de massa verde com 16 % de matéria seca (36 t) e na primeira safra, conter nesta biomassa aproximadamente 509 kg de K, 355 kg de N, 236 kg de Ca, 115 kg de Mg, 40 kg de S e 32 kg de P (MALAVOLTA, 1982), mostrando que a cultura é extremamente exigente nestes macronutrientes primários.

Esta grande produção de biomassa está associada à produção de frutos com peso superior a 2kg e refere-se a cv. smooth cayenne, cultivada com alta tecnologia em regiões tropicais. Para a cv. Pérola nas condições do RS, para que o fruto tenha bom valor comercial é desejável que pese no mínimo 1kg. Para colher frutos com este peso, se for adotada a relação peso do fruto a ser colhido = biomassa da planta na indução x 0,9, teríamos que ter plantas com 1,11 kg/planta x 50 000 plantas/ha que dariam 55,5 t de biomassa, que somados aos 50 000 frutos produzidos totalizariam 105,5 t/ha de biomassa verde com 16% de matéria seca (16,8 t).

Para o abacaxizeiro os teores adequados (%) de macronutrientes na matéria seca, quando se analisa o terço médio da parte basal da folha D de plantas com 5 meses de idade, é de 2,5 a 2,7 de K, 2 a 2,2 de N, 0,35 a 0,40 de Ca, 0,40 a 0,45 de Mg e 0,21 a 0,23 de P, respectivamente (MALAVOLTA, 1982).

Multiplicando os teores médios na folha pela quantidade de matéria seca teremos: $16,8 \times 2,6 = 436,8$ kg de K; $16,8 \times 2,1 = 353$ kg de N; $16,8 \times 0,375 = 63$ kg de Ca; $16,8 \times 0,425 = 71,4$ de Mg; $16,8 \times 0,22 = 37$ kg de P imobilizados na biomassa. Então, desconsiderando as quantidades de nutrientes fornecidos pelo solo e as perdas, para atender as quantidades requeridas pela biomassa de 50 000 plantas/ha de abacaxizeiros cv. Pérola com frutos de 1 kg, deveriam ser fornecidos $436,8/0,60 = 728$ kg de KCL; $353/0,45 = 784$ kg de uréia; $63/0,38 = 166$ kg de calcário; $71,4/0,38 = 188$ kg de calcário dolomítico com 38% de Ca + Mg e $40,0/0,43 = 93$

kg de SFT.

A quantidade de nutrientes requerida pela cultura é proporcional a produção de biomassa que, entre outros fatores, depende também do manejo do solo, cujo preparo contínuo na forma convencional degrada sua estrutura, acelera a erosão, aumenta a flutuação de temperatura e diminui sua capacidade de retenção de água (LAL, 1974). A falta de água e as altas temperaturas no solo limitam o rendimento das culturas, mas ambas podem ser adequadas as exigências das plantas mediante manejo do solo e de sua cobertura.

Para estabelecer plantios de abacaxi, CHOAIRY (1984) e RODRIGUES (1984) recomendam que os solos sejam arados a uma profundidade de 25-30 cm, gradeados, destorroados e estejam livres de ervas daninhas e parasitas, para que o desenvolvimento das raízes não se limite à profundidade lavrada. Porém não existem informações e evidências de que o preparo convencional seja, técnica e economicamente, o mais indicado para essa cultura.

É necessário investigar se estes supostos benefícios (mais facilidade para plantar e maior desenvolvimento radicular) suplantam àqueles advindos da adoção do cultivo mínimo e do plantio direto: maior teor de umidade, menor temperatura no solo, menor erosão, melhor controle de plantas daninhas e menor custo.

Nos preparos não convencionais o plantio pode ser feito em sulcos ou covas abertas com enxada ou enxada, porém esta operação pode ser feita de maneira mais eficaz usando-se o chuço (MODEL et al., 1999). No entanto, quando usado para implantar lavouras com plantio direto, há a hipótese de que, em solos argilosos, dependendo da umidade, densidade, porosidade e teor de matéria orgânica, os buracos ou covas abertas para inserir a muda, causem compressão e selamento laterais da massa de solo, na parede do buraco, podendo acumular água, apodrecer as mudas e oferecer resistência mecânica à penetração de raízes, criando dificuldades ao estabelecimento inicial das plantas.

No RS, dependendo do estado sanitário dos abacaxizeiros, são feitas de uma a duas colheitas, em lavouras que apresentam custos de produção altos até o primeiro ciclo e bem menores nos anos seguintes (MODEL, 1999), tornando conveniente o desenvolvimento de tecnologias, que possibilitem maior número de colheitas em um mesmo plantio.

Este trabalho objetivou investigar o efeito de técnicas de preparo do solo e de plantio sobre o rendimento de biomassa, concentração e quantidade de nutrientes nela contidos, produtividade e qualidade do fruto de abacaxizeiro na segunda colheita.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido na Estação de Pesquisa e Produção de Maquiné da Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária - FEPAGRO, no período de agosto de 1997 a janeiro de 2000, sobre solo da Unidade de Mapeamento Vila - Brunizem avermelhado textura argilosa (BRASIL, 1973) e mais recentemente (EMBRAPA, 1999) Chernossolo Háptico Órtico típico, cuja análise química, feita antes do plantio mostrava: pH = 5,5; P = 2 mg/L; K = 274 mg/L; S = 23 mg/L; B = 0,28 mg/L; Zn = 5,76 mg/L; Cu = 4,3 mg/L; Mn = 110 mg/L; argila = 22% e 2,8 % de matéria orgânica.

O clima da região pode ser caracterizado como do tipo Cfa (KÖEPPEN; 1948). A temperatura média do mês mais quente (jan.) é de 24,5°C e do mês mais frio (jul) é de 15,5°C. O inverno é ameno e a temperatura excepcionalmente baixa a zero grau. As geadas são raras e quando ocorrem são de fraca intensidade. No inverno (jun.-jul.-ago.) a temperatura média das mínimas é de 10,2°C. A temperatura média anual é de 19,9°C com chuvas de 1659 mm anuais bem distribuídos e umidade relativa do ar de 80 %. O comportamento dos elementos meteorológicos, durante o experimento, foi obtido da estação meteorológica da FEPAGRO instalada ao lado do ensaio (Tabela 12).

Em agosto de 1997 a área foi roçada e a biomassa de cobertura existente no solo foi quantificada (3,1 t/ha). O delineamento experimental utilizado foi parcelas subdivididas com as parcelas principais organizadas em blocos casualizados com três repetições. As técnicas de preparo do solo (cultivo convencional, cultivo em faixas e plantio direto) constituíram as parcelas principais (10m x 5m). Estas, subdivididas em duas (5m x 5m) receberam os tratamentos de técnicas de plantio (chuço e sulco). O convencional consistiu em uma aração (0,17-0,20 m) e uma gradagem. No cultivo mínimo, o solo foi mobilizado numa faixa de aproximadamente 0,17 m de profundidade por 0,27 m de largura com o uso de microtrator Tobatta, com rotativa de oito enxadas,

trabalhando somente com as enxadas centrais. No plantio sem preparo, as mudas foram plantadas diretamente sobre a palha. Para as técnicas de plantio em sulcos, foi usado sacho ou enxada que abriram sulcos em V com 0,10-0,15 m de profundidade e 0,15-0,18 m de largura junto à superfície. Para a técnica de plantio com chuço, foram abertos buracos com instrumento de madeira, cilíndrico e de aproximadamente 2m de comprimento e 0,04-0,06 m de diâmetro, com as pontas afiladas que, pressionado manualmente em posição vertical, insere-se no solo abrindo buracos com diâmetro e profundidade capazes de permitir a inserção e o enterrio da base das mudas (0,12-0,15m). As mudas (cv. Pérola) tinham peso entre 0,100 e 0,150 Kg. Foram plantadas a 0,20m uma da outra em filas distantes de 1m perfazendo uma população de 50.000 plantas/ha. Os replantios (19 nov./97, 18 dez./97 e 4 mar./98) foram feitos com mudas plantadas ao lado do experimento, posteriormente escolhidas e transplantadas de modo que ficassem com o tamanho daquelas já estabelecidas no ensaio.

As plantas daninhas foram controladas através da aplicação de mistura de herbicidas pré (atrazine, simazine e diuron) e pós-emergentes (glyphosate e setoxydim), usando pulverizadores costais, com frequência suficiente para manter a área isenta de ervas competidoras. As pragas (cochonilhas, ácaros e broca do fruto) foram controladas por produtos recomendados para a cultura (vamidothion, parathion metílico, triclórfora).

A adubação para a primeira colheita, cuja produtividade e qualidade do fruto de abacaxizeiros em função do preparo do solo e técnicas de plantio, estão publicados em MODEL et al., 1999, consistiu de 7,65g N + 3,6g P₂O₅ + 7,65g K₂O por planta. Como fontes destes nutrientes foram usados, uréia, superfosfato triplo e cloreto de potássio, respectivamente. Todo o fósforo (3,6g P₂O₅ por planta ou 180 Kg de P₂O₅/ha) foi distribuído à lanço, logo após o plantio. As adubações nitrogenada e potássica foram feitas em 3 vezes. Na primeira (set./97) usou-se 17% do total (1,35g N + 1,35g K por planta). Na segunda (dez./97), três meses depois do plantio 41% do total (3,15g N + 3,15g K₂O) e na terceira adubação (mar./98), seis meses depois do plantio foi colocado o restante.

Para o segundo ciclo, em 30 de mar./99, 2 meses depois da primeira colheita, foi colocado N e K em quantidades correspondentes a 35% da

quantidade total usada para o primeiro ciclo. Em todas elas, N e K foram misturados e aplicados paralelamente às linhas das plantas na superfície do solo.

TABELA 1. Biomassa verde de plantas no florescimento de segunda colheita (20 meses após o plantio) em função do preparo do solo e de técnicas de plantio (Maquiné-RS: 18 mai./99)

Preparo do solo	Técnica de plantio		
	Sulco	Chuço	Média
	g/planta.....		
Convencional	983	839	911 a
Cultivo em faixas	797	680	738 a
Sem preparo	522	536	529 a
Média	767 a	685 a	

Colunas ou linhas seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente (LSMeans-Duncan $P < 0,05$). Interação não significativa ($p < 0,05$). CV (%) da parcela principal (pp) = 40 e CV da subparcela (sp) = 18

TABELA 2. Biomassa verde (bv) de 50 000 plantas/ha com 16,2% de biomassa seca (bs) no florescimento de segunda colheita (20 meses após o plantio) em função do preparo do solo e de técnicas de plantio (Maquiné-RS: 18 maio/99).

Preparo do solo	Técnica de plantio					
	Sulco		Chuço		Média	
	t/ha.....					
	bv	bs	bv	bs	bv	bs
Convencional	49,17	7,97	41,94	6,79	45,56	7,38 a
Cultivo em faixas	39,86	6,46	34,03	5,51	36,94	5,99 a
Sem preparo	26,11	4,23	26,81	4,34	26,46	4,29 a
Média	8,38	6,22 a	34,26	5,55 a		

Médias(biomassa verde) seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente (LSMeans-Duncan $P < 0,05$). Interação não significativa ($P < 0,05$). CV (%) da pp = 40 e CV da sp = 18

TABELA 3. Razão porcentual entre o peso do fruto na segunda colheita (Tab.6) e a biomassa verde das plantas de abacaxizeiro (Tab.6) no florescimento (Maquiné-RS)

Preparo do solo	Técnica de plantio		
	Sulco	Chuço	Média
	%.....		
Convencional	0,66	0,75	0,70 a
Cultivo em faixas	0,80	0,85	0,82 a
Sem preparo	1,00	1,00	1,00 a
Média	0,79 a	0,86 a	

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente (LSMeans-Duncan $P < 0,05$). Interação não significativa ($P < 0,05$). CV (%) da pp = 35 e CV da sp = 23

TABELA 4. Concentração de N, P, K, Ca, e Mg na folha do abacaxizeiro, 20 meses após o plantio no florescimento de segunda colheita, em função do preparo de solo e técnicas de plantio e concentração destes nutrientes na biomassa da planta inteira¹ e teores adequados na folha D em plantas com 5 meses (Maquiné-RS: 18 de maio/99).

Preparo do solo	Técnica de plantio			planta inteira ¹	Teores adequados para plantas c/ 5 meses ²
	Sulco	Chuçó	Média		
N-Nitrogênio				1,38	2,0 a 2,20
Convencional	1,41	1,28	1,34 a		
Cultivo em faixas	1,23	1,45	1,34 a		
Sem preparo	1,22	1,33	1,35 a		
Média	1,29 a	1,35 a			
P-Fósforo				0,13	0,21 a 0,23
Convencional	0,14	0,14	0,14 a		
Cultivo em faixas	0,14	0,14	0,14 a		
Sem preparo	0,13	0,11	0,12 a		
Média	0,14 a	0,13 a			
K-Potássio				3,57	2,5 a 2,70
Convencional	3,30	3,14	3,22 a		
Cultivo em faixas	3,06	3,10	3,08 a		
Sem preparo	2,94	2,81	2,87 a		
Média	3,10 a	3,01 a			
Ca-Cálcio				0,23	0,35 a 0,40
Convencional	0,13	0,14	0,13 a		
Cultivo em faixas	0,11	0,10	0,10 a		
Sem preparo	0,10	0,10	0,10 a		
Média	0,11 a	0,11 a			
Mg-Magnésio				0,18	0,40 a 0,45
Convencional	0,14	0,14	0,14 a		
Cultivo em faixas	0,13	0,13	0,13 a		
Sem preparo	0,12	0,12	0,12 a		
Média	0,13 a	0,13 a			

² MALAVOLTA, 1982

Colunas ou linhas seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente (LSMeans-Duncan $p < 0,05$). Interação não significativa ($p < 0,05$). N- Cv (%) da parcela principal (pp) = 13 e cv da subparcela (sp) = 10; P - Cv pp = 15 e cv sp = 13; K - Cv pp = 17 e Cv sp = 11; Ca- Cv pp = 21 e cv sp = 19; Mg-Cv pp = 14 e cv sp = 7%

TABELA 5. Quantidade de N, P, K, Ca e Mg contida na folha D do abacaxizeiro, no florescimento de segunda colheita, 20 meses após o plantio, em função do preparo de solo e técnicas de plantio (Maquiné-RS: 18 de maio/99).

Preparo do solo	Técnica de plantio			Quantidades contidas em 1 ha c/50 000 plantas da cv. Cayenne com fruto ¹
	Sulco	Chuço	Média	
	kg/ha			
N-Nitrogênio				355
Convencional	112	87	99	
Cultivo em faixas	79	80	80	
Sem preparo	52	58	54	
Média	80	73		
P-Fósforo				32
Convencional	11	9	10	
Cultivo em faixas	9	8	8	
Sem preparo	5	5	5	
Média	9	7		
K-Potássio				509
Convencional	263	213	238	
Cultivo em faixas	198	171	184	
Sem preparo	124	122	123	
Média	193	167		
Ca-Cálcio				236
Convencional	10	10	10	
Cultivo em faixas	7	6	6	
Sem preparo	4	4	4	
Média	7	6		
Mg-Magnésio				115
Convencional	11	10	10	
Cultivo em faixas	8	7	8	
Sem preparo	5	5	5	
Média	8	7		

¹ Frutos+ pedúnculos+ filhotes+ rebentão+ talo+ folhas

² MALAVOLTA, 1982

TABELA 6. Peso do fruto e produtividade de abacaxi cv. pérola de segunda colheita feita aos trinta meses em função do preparo do solo e de técnicas de plantio (Maquiné-RS : jan./2000)

Preparo do Solo	Técnica de plantio		
	Sulco	Chuço	Média
	g/fruto - t/ha.....		
Convencional	650 - 16,16	634 - 12,55	642 - 14,35 a
Cultivo em faixas	640 - 15,85	583 - 11,54	612 - 13,69 ab
Sem preparo	526 - 7,00	568 - 10,22	547 - 8,61 b
Média	605 - 13,00 a	595 - 11,44 a	

Médias (produtividade) seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente (LSMeans-Duncan $P < 0,05\%$). Interação não significativa ($P < 0,05\%$). CV (%) da parcela principal (pp) = 15 e CV (%) da subparcela (sp) = 10

TABELA 7. Porcentagem de colheita (nº de frutos colhidos / nº de mudas plantadas x 100) de frutos de abacaxi na segunda colheita em função do preparo do solo e de técnicas de plantio (Maquiné-RS jan./2000)

Preparo do Solo	Técnica de plantio		
	Sulco	Chuço	Média
	% de colheita.....		
Convencional	49,3	53,0	51,2 a
Cultivo em faixas	49,3	39,3	44,3 a
Sem preparo	26,7	35,7	31,2 b
Média	41,8 a	42,7 a	

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente (LSMeans-Duncan $P < 0,05\%$). Interação não significativa ($P < 0,05\%$). CV pp = 32 % e CV sp = 18 %

TABELA 8. Diâmetro dos frutos de abacaxi de segunda colheita em função do preparo do solo e de técnicas de plantio (Maquiné-RS: jan./2000)

Preparo do Solo	Técnica de plantio		
	Sulco	Chuço	Média
	cm.....		
Convencional	10	10	10 a
Cultivo em faixas	9	9	9 b
Sem preparo	9	9	9 b
Média	9 a	9 a	

Colunas ou linhas seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente (LSMeans-Duncan $P < 0,05\%$). Interação não significativa ($P < 0,05\%$). CV pp = 7 % e CV sp = 6 %

TABELA 9. Comprimento dos frutos de abacaxi de segunda colheita (sem coroa) em função do preparo do solo e de técnicas de plantio (Maquiné-RS: jan./2000)

Preparo do Solo	Técnica de plantio		
	Sulco	Chuço	Média
	cm.....		
Convencional	13	13	13 a
Cultivo em faixas	13	12	12 a
Sem preparo	12	13	12 a
Média	13 a	13 a	

Colunas ou linhas seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente (LSMeans-Duncan $P < 0,05\%$). Interação não significativa ($P < 0,05\%$). CV pp = 8 % e CV sp = 3 %

TABELA 10. Comprimento da coroa dos frutos de abacaxi de segunda colheita em função do preparo do solo e de técnicas de plantio (Maquiné-RS: jan./2000)

Preparo do Solo	Técnica de plantio		
	Sulco	Chuço	Média
	cm.....		
Convencional	13	13	13 a
Cultivo em faixas	12	12	12 a
Sem preparo	11	11	11 b
Média	12 a	12 a	

Colunas ou linhas seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente (LSMeans-Duncan $P < 0,05\%$). Interação não significativa ($P < 0,05\%$). CV pp = 11 % e CV sp = 6 %

TABELA 11. Teor de sólidos solúveis totais em grau de brix dos frutos de abacaxi em função do preparo do solo e de técnicas de plantio (Maquiné-RS: jan./2000)

Preparo do Solo	Técnica de plantio		
	Sulco	Chuço	Média
	Grau brix.....		
Convencional	14	14	14 a
Cultivo em faixas	15	15	15 a
Sem preparo	14	15	15 a
Média	14 a	15 a	

Colunas ou linhas seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente (LSMeans-Duncan $P < 0,05\%$). CV pp = 7 % e CV sp = 5 %

TABELA 12. Temperatura máxima média, temperatura média, temperatura média das mínimas, precipitação, normal*, desvio da normal e nº de dias de chuva na estação experimental de Maquiné-RS durante o experimento (ago/97 a out/99)

Mês/ano	Temperatura °C			Precipitação (mm)	Normal* (mm)	Desvio Da Normal	Nº de dias de Chuva
	Máxima Média	Média	Mínima Média				
Ago./97	22,8	15,8	8,9	269,4	149	+120	13
Set./97	22,2	16,0	9,8	91,5	167	-75	13
Out./97	22,5	17,6	12,6	284,8	137	+148	20
Nov./97	25,1	19,8	14,4	148,4	117	+31	18
Dez./97	29,0	22,7	16,4	203,8	146	+58	14
Jan./98	28,3	23,0	17,9	227,8	173	+55	18
Fev./98	27,7	23,0	18,3	238,8	190	+49	17
Mar./98	27,5	21,8	16,1	145,2	178	-33	12
Abr./98	24,8	19,8	14,7	86,0	105	-19	13
Mai./98	22,6	16,6	10,7	134,4	85	+49	9
Jun./98	20,6	14,2	7,8	68,0	108	-40	6
Jul./98	21,0	15,3	9,6	160,7	104	+57	12
Ago./98	20,5	16,3	12,1	128,0	149	-21	11
Set./98	21,0	16,3	11,7	144,3	167	-23	14
Out./98	23,7	18,6	17,4	63,4	137	-74	9
Nov./98	25,9	19,9	13,9	70,7	117	-46	7
Dez.98	27,0	21,4	15,6	98	146	-48	13
Jan./99	28,6	23,2	17,9	148,6	173	-24	11
Fev./99	27,9	22,8	17,7	80,0	190	-110	10
Mar./99	29,0	23,6	18,2	207,3	178	+29,3	11
Abr./99	23,5	18,6	13,6	222,0	105	+117,0	11
Mai./99	21,9	16,4	10,9	120,3	85	+35,3	9
Jun./99	19,6	14,0	8,3	88,8	108	-19,2	7
Jul./99	18,9	14,2	9,4	152,0	104	+48,0	—
Ago./99	22,5	15,5	8,5	17,5	149	-131,5	—
Set./99	23,1	17,3	11,5	49,2	167	-117,8	—
Out./99	20,4	16,0	11,5	109,8	137	-27,2	—
Nov./99	24,0	18,6	12,5	158,2	117	-41,2	—
Dez./99	26,9	21,7	16,4	99,4	146	-46,6	—
Jan./2000	28,0	23,1	18,2	145,4	173	-27,6	—

*1931-1960

Para quantificar a produção de biomassa verde (Tabela 1) e seca (Tabela 2), foram sorteadas, cortadas rente ao solo e colhidas 6 plantas inteiras dentro da área útil. Estas foram pesadas e delas retiradas a porção basal da folha "D" (MALAVOLTA, 1982), para análise da concentração e quantidade de nutrientes contidos na folha (TEDESCO et al., 1985) e na biomassa da planta inteira do abacaxizeiro, feitas depois de secagem em estufas até peso constante. Para o cálculo da quantidade de nutrientes contidos na biomassa da planta inteira (Tabela 5), multiplicou-se a concentração do nutriente (Tabela 4) pela quantidade de biomassa seca produzida em cada tratamento.

Os valores da Tabela 3 foram obtidos dividindo-se o peso do fruto na segunda colheita (Tabela 6) pela biomassa verde das plantas de abacaxizeiro no florescimento (Tabela 1).

A segunda colheita (jan./2000), oriunda de frutos de indução natural, foi feita 12 meses depois da primeira, de uma só vez, quando os frutos estavam amarelando. Todos foram pesados para o cálculo da produtividade (Tabela 6). A porcentagem de colheita (Tabela 7) foi obtida dividindo-se o nº de frutos colhidos pelo nº de mudas plantadas x 100. O diâmetro (Tabela 8), comprimento dos frutos (Tabela 9) e da coroa (Tabela 10), foram medidos com paquímetro no dia da colheita. O teor de sólidos solúveis totais em grau brix (Tabela 11), foi medido com refratômetro de campo, em caldo extraído da porção média dos frutos.

A análise estatística dos dados foi feita através do F-teste para a detecção de diferenças significativas entre os tratamentos e suas interações. As comparações entre as médias foram realizadas pelo teste de Duncan-LSMeans a 5% de probabilidade ($P < 0,05$).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não houve interações significativas entre os preparos de solo e as técnicas de plantio e, para todas as variáveis analisadas, sulco e chugo foram estatisticamente iguais. O efeito das técnicas de plantio sobre as condições de solo e cultura diminuem com o tempo. Por isso, havendo diferenças, é de se esperar que sejam detectadas no primeiro ciclo de produção, mas como isto não aconteceu (MODEL et al., 2000), não deveriam

ser esperadas diferenças na segunda colheita.

Embora tenha havido tendência da produção de biomassa (Tabelas 1 e 2), concentração e quantidade de nutrientes nela contidos (Tabelas 4 e 5) diminuírem com a redução do revolvimento do solo, não houve diferença entre os tratamentos.

As concentrações de nitrogênio, fósforo, cálcio e magnésio na folha (Tabela 4) foram menores do que na planta inteira e também inferiores aos teores tidos como adequados, para plantas com 5 meses (MALAVOLTA, 1982). Esta composição mineral indica que não era bom o estado nutricional das plantas no florescimento. As quantidades de N, P, K, Ca e Mg encontradas na biomassa, são bem inferiores àquelas quantidades destes nutrientes contidas em um hectare com 50 000 plantas da cv. cayenne com fruto, devido a menor produção de biomassa no experimento. Estão de acordo com o que é referido por MALAVOLTA, 1982 e GIACOMELLI, 1979, indicando a necessidade do uso de grandes quantidades de adubos, especialmente potássio e nitrogênio, nesta ordem, para que se tenham altas produtividades.

No preparo convencional, onde a produtividade de frutos foi maior do que no plantio direto, a produtividade de biomassa verde, de biomassa seca e de frutos foi de 45,6, 7,4 e 14,4 t/ha (Tabelas 2 e 6) e as quantidades de N, P, K, Ca e Mg nela contida foram: 99, 10, 238, 10 e 10 kg/ha (Tabela 5), respectivamente. Então, desconsideradas as perdas, somente para atender a demanda da biomassa que produziu 14,4 t/ha de frutos, seriam necessários 230 kg de uréia e 397 kg de KCL. Para o nível tecnológico alto, como o que é caracterizado por MODEL, 1999, onde são plantadas 50 000 plantas/ha e cuja expectativa de colheita é de 36,6 t/ha, mantidas as proporções de biomassa produzida e nutrientes nela contidos, a demanda seria de aproximadamente 587 kg de N (1391 kg de uréia) e 946 kg de K O (1 681 kg de KCL).

Segundo ALVARENGA (1981) e Py (1969), existe relação entre a biomassa do abacaxizeiro no florescimento e o tamanho do fruto na colheita. A biomassa verde das plantas no florescimento (Tabela 1) indicava que os frutos a serem produzidos, na segunda colheita, não seriam grandes. A divisão do peso do fruto (Tabela 6) pela biomassa da planta (Tabela 1) encontra-se na Tabela 3. Embora não tenha havido diferença entre os tratamentos, os dados mostram que quanto menor era a biomassa da planta no florescimento, mais próximo a 1 é a

razão, indicando tendência das plantas menores produzirem, proporcionalmente, frutos maiores.

Limitações impostas pelas pragas (cochonilhas) no primeiro ano, prejudicaram o estabelecimento das mudas, o desenvolvimento das plantas e a produtividade na primeira colheita (MODEL, 1999). Isto também se refletiu na menor absorção de nutrientes pelo sistema radicular e menores concentrações de nutrientes na segunda colheita. No florescimento as plantas não estavam em bom estado nutricional, e isto aliado ao ciclo curto limitou a produtividade, que foi baixa sendo porém superior à primeira. Isso indica que no RS, para os plantios de setembro, a primeira colheita pode ser feita 16 meses após o plantio e a segunda 12 meses depois da primeira, permitindo duas colheitas em menos de 30 meses. Para tanto é necessário aumentar a porcentagem de colheita, o tamanho e o valor comercial do fruto, especialmente no primeiro ciclo.

Na segunda safra a produtividade e a porcentagem de colheita de abacaxi no preparo convencional (14,35 t/ha e 51,2%) foram maiores do que no plantio direto (8,61 t/ha e 31,2 %), respectivamente (Tabelas 6 e 7), porém não superiores ao cultivo em faixas.

A influência dos tratamentos sobre a produtividade e a porcentagem de colheita aos 30 meses, assemelhou-se aos resultados obtidos na primeira colheita aos 16 meses, porém na segunda os frutos e a produtividade foram maiores.

Era de se esperar que não houvesse diferenças entre os tratamentos pois, com o passar do tempo, depois da cultura já estabelecida, as diferenças entre os preparos e técnicas de plantio vão diminuindo. A cobertura morta foi substituída pela biomassa das plantas e os efeitos iniciais dos tratamentos sobre as propriedades físicas e demais condições do solo foram bastante reduzidos. Isto permite supor, que as diferenças entre os tratamentos, detectadas na segunda colheita, devam-se mais aos reflexos do que ocorreu no primeiro ciclo, do que ao efeito dos tratamentos sobre estas variáveis, no período decorrido entre a primeira e a segunda colheitas. Esta tese pode ser reforçada, pela constatação (visual) de que a maioria das plantas que produziram na segunda colheita, foram as mesmas que produziram na primeira. Nesta as plantas tinham tamanhos diferentes em cada preparo e produziram

frutos e rebentões proporcionais a sua biomassa e estes, na segunda colheita, produziram frutos proporcionais ao seu tamanho e vigor.

O diâmetro (Tabela 8) e o comprimento da coroa (Tabela 10) no preparo convencional foram maiores do que no plantio direto, porém não houve efeito do preparo do solo e das técnicas de plantio sobre o comprimento dos frutos (Tabela 9) e o teor de sólidos solúveis totais em grau brix (Tabela 11) cuja média do experimento (14,6) está dentro do desejável (14 a 16° brix: PY e LOSSOIS, 1962; GIACOMELLI et al, 1979). Foi numericamente maior que o percentual de sólidos solúveis totais da primeira colheita (14,2) e superior também a valores observados no estado (RS-13,8: KIST et al., 1991) e mesmo em outras regiões do país (RJ- 10,0: GADELHA et al., 1982; BA-14,1: REINHARDT et al., 1981; MG - 13,8: BOTREL et al., 1990). Isso indica que o abacaxi Perola produzido no RS, apesar da peculiaridade climática deste Estado, pode ter qualidade igual ou superior àquele produzido em outras regiões.

CONCLUSÕES

As técnicas de plantio não influenciaram as variáveis analisadas.

As técnicas de preparo de solo não influenciaram a produção de biomassa e a concentração de nutrientes na folha.

No preparo convencional a produtividade de biomassa verde e seca e de frutos foi de 45,6, 7,4 e 14,4 t/ha e as quantidades de N, P, K, Ca e Mg nela contida foram: 99, 10, 238, 10 e 10 kg/ha, respectivamente.

Mantidas as proporções de biomassa produzida e nutrientes nela contidos, no nível tecnológico alto no primeiro ciclo, o abacaxizeiro demandaria aproximadamente 587 kg de N e 946 kg de K O.

A produtividade e a porcentagem de colheita no preparo convencional (14,35 t/ha e 51,2%) foram maiores do que no plantio direto (8,61 t/ha e 31,2 %), respectivamente.

O diâmetro e o comprimento da coroa dos frutos no preparo convencional, foram maiores do que no plantio direto, entretanto, o comprimento dos frutos e o teor de sólidos solúveis totais, não foram afetados pelos tratamentos.

BIBLIOGRAFIA CITADA

- ALVARENGA, L.R de. Controle da época de produção do abacaxizeiro. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.7, n.74, p. 32-35, 1981.
- BOTREL, N. ; SIQUEIRA, D. L.; COUTO, F. A. D.; RAMOS, V. H. V. Plantio de abacaxizeiro com cobertura de polietileno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 25, n.10, p.1483-1488. 1990.
- BRASIL, 1973. Ministério da Agricultura. Departamento Nacional de Pesquisa Agropecuária. Divisão de Pesquisas Pedológicas. **Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Rio Grande do Sul**. Recife. 431p. (Boletim Técnico, 30).
- CHOAIRY, A. C. **O abacaxizeiro**. João Pessoa: EMEPA-PB, 93p. 1984.
- EMBRAPA, 1999. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: EMBRAPA. Rio de Janeiro, 412 p.
- GADELHA, R.S. S.; VASCONCELLOS, H. O ; VIEIRA, A. Efeitos de adubação orgânica sobre o abacaxizeiro pérola em regossolo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília v.17, n. 4, p. 545-547, 1982.
- GIACOMELLI, E.J.; PY, C; LOSSOIS, P. Estudo sobre a época de produção para o abacaxizeiro cayenne no planalto paulista. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 5º Pelotas, 1979. **Anais...** Pelotas, Sociedade Brasileira de Fruticultura, 1979, v.2, p. 499-51.
- KIST, H. G. K.; MÂNICA, I. ; GAMA, F.S. N. ; ACCORSI, M.R. Influência de densidade de plantio do abacaxi cv. Smooth cayenne. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 26, n.3, p. 325-330. 1991.
- KÖEPPEN, W. **Climatologia**. México, D.C.: Fondo de Cultura Económica. 448p, 1948. LAL, R. No-tillage effects on soil properties and maize (*Zea mays* L.). Production in Western Nigéria, **Plant and soil**, Amsterdam, v. 40, p.321-331, 1974.
- MALAVOLTA, E. Nutrição mineral e adubação do abacaxizeiro. In: RUGGIEIRO, C. (Ed.) In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE ABACAXICULTURA, 1., 1982, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: FCAV, 1982. p.111-120.
- MODEL, N. S. Rentabilidade da cultura do abacaxizeiro cultivado no RS sob diferentes níveis tecnológicos. **Pesq. Agrop. Gaúcha**, Porto Alegre, v. 5, n. 2, p. 217-228, 1999.
- MODEL, N. S.; SANDER, G.R. Produtividade e qualidade do fruto de abacaxizeiros em função do preparo do solo e técnicas de plantio. **Pesq. Agrop. Gaúcha**, Porto Alegre, v. 5, n. 2, p.209-216, 1999.
- PY, C.; LOSSOIS, P. Previsions de récolte en culture d'ananas (11): étude de correlations. **Fruits**, Paris, v.17, n.2, p. 75-87, 1962.
- PY, C. La pinã tropical. Barcelona: Editora Blume, 1969. 278 p.
- REINHARDT, D.H.R.C. ; SANCHES, N.F.; CUNHA, G.A.P. da. Métodos de controle de ervas daninhas na cultura do abacaxizeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.16, n. 5, p. 719-724, 1981.
- RODRIGUES, A.E. C. Cultura do abacaxi. In: Cartilha do Agricultor, p. 65-86, 1984. Secretaria da Agricultura do Rio Grande do Sul-RS.
- TEDESCO, M. J.; VOLKWEISS, S. J.; BOHNEN, H. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: Faculdade de Agronomia, UFRGS, 1985. 188p. (Boletim Técnico, n.5).

PASTAGEM NATURAL MELHORADA PELA SOBRESSEMEADURA DE TREVO BRANCO E ADUBAÇÃO

ZÉLIA MARIA DE SOUZA CASTILHOS¹, AINO VICTOR ÁVILA JACQUES²

RESUMO – Na Estação Experimental da Faculdade de Agronomia, da UFRGS, localizada no município de Eldorado do Sul, RS, avaliou-se o efeito de tratamentos de adubação (com e sem N, P e K) e doses de calcário (zero, 1,5 e 3,0 t/ha) em um Plintossolo de textura arenosa, sobre o rendimento e composição botânica de uma pastagem natural sobressemeada com trevo branco (*Trifolium repens* L.). O clima da região é Cfa, de acordo com a classificação de Köppen. O delineamento experimental utilizado foi o de parcelas subdivididas arranjadas em blocos casualizados, com três repetições. A adubação no primeiro ano constou de 22,5 kg/ha de N, 180 kg/ha de P₂O₅ e 120 kg/ha de K₂O. No segundo e terceiro ano foram aplicados 90 kg/ha de P₂O₅ e 48 kg/ha de K₂O. No quarto ano foram utilizados 24 kg/ha de N, 84 kg/ha de P₂O₅ e 63 kg/ha de K₂O. A adubação com N, P e K promoveu aumento no rendimento de matéria seca e modificação na composição botânica da pastagem natural. Essas variáveis foram influenciadas pelo fator ano.

Palavras-chave: gramíneas naturais, leguminosas naturais, *Eryngium* spp., calcário, composição botânica, rendimento de matéria seca.

FERTILIZATION AND SODSEEDING OF WHITE CLOVER ON A NATURAL PASTURE

ABSTRACT – The experimental work was carried out at the Estação Experimental da Faculdade de Agronomia, UFRGS, in Eldorado do Sul, Rio Grande do Sul, Brazil. The objective was to evaluate the effect of fertilizer treatments (with and without N, P and K) and lime levels (0; 1.5 and 3.0 ton/ha) on a Plintossolo, on the yield and botanical composition of a nature pasture sodseeded with white clover (*Trifolium repens* L.). The climate is Cfa, according to Köppen's classification. The experimental design was a split-plot arranged in randomized block with three replications. The fertilization on the first year was 22.5 kg N/ha, 180 kg P₂O₅/ha and 120 kg K₂O/ha. On the second and third year the amounts were of 90 kg P₂O₅/ha and 48 kg K₂O/ha. On the fourth year were of 24 kg N/ha, 84 kg P₂O₅/ha e 63 kg K₂O/ha. Fertilization with N, P and K increased the forage dry matter yield and changed the botanical composition of the natural pasture. Such variables were also affected by the year.

Key words: natural grasses, natural legumes, lime, botanical composition, *Eryngium* spp, dry matter yield.

INTRODUÇÃO

A composição florística das pastagens naturais do Estado do Rio Grande do Sul é composta, principalmente, por espécies estivais que paralisam seu crescimento no período hibernar, ocasionando, desta forma, uma redução de sua produtividade nesta época do ano. Em vista disto, a pastagem natural requer um melhoramento que envolve, principalmente, a manipulação de fatores dirigidos para aumentar a produtividade dos campos. A sobressemeadura de espécies de estação fria, como aveia, azevém e leguminosas, a adubação, as roçadas e os ajustes da carga animal são algumas das práticas recomendadas para o melhoramento da

pastagem natural. O emprego destas práticas de forma isolada ou em conjunto, dependerá do clima, do tipo de solo, da vegetação existente no local e do tipo de exploração da propriedade.

A introdução de leguminosas numa pastagem natural, especialmente no período hibernar, promove aumento no valor nutritivo da forragem e conseqüentemente, maior consumo. Dentre as leguminosas de inverno, o trevo branco (*Trifolium repens* L.) tem se destacado por ser uma espécie perene, muito produtiva, estolonífera e de ressemeadura natural, o que contribui para sua maior persistência (KAPPEL, 1967; SMETHAN, 1973).

As limitações para o cultivo de trevos no RS são devidas à acidez dos solos e deficiência de

1. Eng. Agrônoma, M.Sc. – FEPAGRO, Gonçalves Dias, 570, 90130-060 Porto Alegre – RS/BRASIL.

2. Eng. Agrônomo, Ph.D. – Professor titular, Faculdade de Agronomia/UFRGS (aposentado) e pesquisador do CNPq. Recebido para publicação em 09/07/1999.

fósforo (KAPPEL, 1967). Calcário é essencial no estabelecimento de trevo branco, pois afeta a nodulação e mobilização de nutrientes, refletindo diretamente sobre a produção de forragem. Além disso, esta cultura é altamente suscetível à deficiência de nutrientes, principalmente de fósforo (MARTIN, 1960; CENTENO, 1973; MACEDO e GONÇALVES, 1980). MACEDO e GONÇALVES (1980) obtiveram maiores produções de trevo branco com dose de 300 kg/ha/ano de P_2O_5 , enquanto que OTERO et al. (1977) observaram aumentos de percentagem de trevo branco, numa consorciação, com aplicações de 55 kg/ha de P_2O_5 .

Várias pesquisas, no Estado, têm revelado aumento na produtividade da pastagem natural pela adubação e introdução de espécies. Nesse sentido, LEAL et al. (1979), em Tupanciretã, constataram que a adubação da pastagem natural, proporcionou um aumento da capacidade de suporte de 83,8% no primeiro ano e de 118,1% no segundo ano. Em Bagé, BARCELOS et al. (1980) observaram que houveram aumentos do peso vivo por hectare com adubação fosfatada e que o efeito residual do adubo foi efetivo, pois após sete anos da última aplicação os ganhos se mantiveram. Além disso, ocorreram modificações na flora dos poteiros adubados com aparecimento de *Paspalum dilatatum* Poir e *Trifolium polymorphum* Poir. MOOJEN (1991), DÜRR et al. (1993), GOMES (1996), CASTILHOS et al. (1997) também observaram modificações na composição florística e rendimento de pastagem natural adubada.

Estudando o efeito de níveis de fósforo com e sem calcário em pastagem de gramíneas e leguminosas, MACEDO et al. (1980), em Bagé, não observaram efeito significativo do calcário, não havendo interação entre este e os níveis de fósforo, sendo que os melhores níveis foram de 40 e 60 kg/ha/ano de P_2O_5 . Noutro experimento, MACEDO et al. (1980) não obtiveram efeito direto do calcário sobre as gramíneas naturais. No entanto, o calcário proporcionou aumentos na produtividade das leguminosas introduzidas. A redução dos teores de Al e elevação do pH foram mais efetivas com níveis de 4,5 t/ha e mais uniformes com calcário incorporado. LOBATO (1972) e GOMES (1973), obtiveram produções crescentes de matéria seca e proteína bruta com aumento dos níveis de calcário aplicados numa pastagem natural. No entanto, LOBATO (1972) observou que com o aumento do calcário de 2,0 para 4,0 t/ha ocorreram os menores

incrementos de matéria seca. Também observou que com doses crescentes de calcário houve aumento na produtividade das leguminosas e redução na das invasoras.

Este estudo teve como objetivo avaliar o efeito da adubação e doses de calcário, sobre o rendimento e composição botânica de uma pastagem natural sobressemeada com trevo branco (*Trifolium repens* L. cv. Yi).

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido sobre uma pastagem natural, na Estação Experimental Agrônômica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, situada no município de Eldorado do Sul, na região ecoclimática da Depressão Central. (30° 05' 52" de latitude sul, 51° 39' 08" de longitude oeste, com altitude média de 46 metros).

Segundo Köppen (MORENO, 1961), todo o território do Rio Grande do Sul enquadra-se na zona fundamental temperada e no tipo fundamental temperado úmido. A área climática predominante no Estado é a Cfa (Subtropical). A temperatura média anual é de 19,3°C, sendo que a média mais baixa (13,8°C) ocorre em julho e a mais alta (24,6°C) em janeiro.

A precipitação média anual é de 1322mm, com a maior ocorrência de maio a setembro.

O solo da área experimental pertence a unidade de mapeamento Arroio dos Ratos, classificado conforme o sistema brasileiro como Plintossolo e sistema americano como Plinthaquult (MELLO et al., 1966). São solos rasos, imperfeitamente drenados ocupando um relevo suavemente ondulado. A textura dominante é a arenosa, sendo considerado um solo ácido, pobre em fósforo e matéria orgânica.

O solo apresentava, inicialmente, um pH de 5,0, 2,4ppm de fósforo, 94ppm de potássio e 0,8% de matéria orgânica.

Foi realizado o preparo superficial do solo com uma gradagem (4cm de profundidade).

As dosagens de calcário foram de zero, 1,5 t/ha e 3,0 t/ha. Os tratamentos de adubação foram com e sem adubação com NPK. A necessidade de adubação foi determinada mediante análise de solo e Tabelas de Comissão Fertilidade de Solos. A aplicação do calcário e do adubo foi, em cobertura, a lanco e manualmente.

Em 12 de junho de 1981, procedeu-se a semeadura do trevo branco (*Trifolium repens* L.)

utilizando-se 10 kg/ha de semente para garantir um estabelecimento satisfatório. Esta foi a lanço, seguida de compactação com rolo tipo "Brillion". As sementes de trevo branco foram inoculadas com *Rhizobium* específico e revestidas com uma mistura de carbonato de cálcio na proporção de 1 : ½.

Por ocasião da semeadura, o tratamento com adubação NPK recebeu 180 kg/ha de P_2O_5 , na forma de superfosfato simples, 120 kg/ha de K_2O (cloreto de potássio) e 22,5 kg/ha de nitrogênio (uréia). Em 11/06/82 e 27/06/83 a adubação foi de 300 kg/ha da fórmula 0-30-16 e em 06/09/84 foi aplicado 300 kg/ha da fórmula 8-28-21. O tratamento sem adubação NPK recebeu somente calcário. Em 11 de junho de 1982 foi realizada nova semeadura do trevo branco utilizando-se 5 kg/ha de semente, havendo necessidade de reforço em 04/08/82.

O delineamento experimental utilizado foi o de parcela subdividida, arranjada em blocos casualizados, com três repetições. Os níveis de calcário constituíram as parcelas principais e os tratamentos com e sem adubação, as subparcelas. A parcela principal mediu 6x10 m, enquanto a subparcela 3x10m. A área útil da subparcela foi de 4,5m².

As avaliações do rendimento de matéria seca foram efetuadas, através de cortes, com segadeira tipo jari, a uma altura de 4cm acima do nível do solo, mantendo, na maioria dos casos, um intervalo entre cortes de 60 dias, dependendo do crescimento das plantas. Os cortes foram realizados nos dias: 21/12/81, 22/03/82, 11/06/82, 14/10/82, 22/12/82, 24/02/83, 25/04/83, 09/09/83, 10/11/83, 11/01/84, 05/07/84 e 19/12/84. A matéria verde colhida foi pesada a campo, sub-amostrada e em seguida foi realizada a separação botânica, de acordo com o que se segue: gramíneas, leguminosas nativas, trevo branco, *Eryngium spp*, outras espécies indesejáveis e material morto.

A análise de variância conjuntamente para os anos foi feita no modelo de parcela sub-subdividida, constituindo o fator ano a sub-subparcela. As complementações da análise de variância, quando pertinentes, foram feitas através do teste DMS ao nível de 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme observa-se na Tabela 1, com relação ao rendimento médio anual de matéria seca da pastagem, houve uma interação significativa ($P<0,05$) entre ano e tratamento de adubação (com N, P e K). O calcário não apresentou efeito significativo ($P>0,05$) sobre esse rendimento. A adubação promoveu acréscimos no rendimento de matéria seca da pastagem, nos três anos de avaliação. A maior produção de matéria seca (6147 kg/ha) foi obtida no primeiro ano, nas áreas que receberam adubação. Isso deve-se à presença do trevo branco que apresentou maior contribuição nos tratamentos com adubação (Tabela 2). Esse fato comprova a exigência dessa leguminosa com relação à fertilidade do solo (MARTIN, 1960; CENTENO, 1973; MACEDO e GONÇALVES, 1980). O calcário não apresentou efeito significativo ($P>0,05$) sobre o percentual de contribuição de trevo branco. Houve uma grande redução no rendimento de matéria seca da pastagem natural bem como no percentual de contribuição do trevo branco, do segundo para o terceiro ano. Esse decréscimo pode estar associado ao elevado déficit pluviométrico, que ocorreu de outubro de 1983 a março de 1984 (Figura 1), pois segundo MOTTA et al. (1981) as condições climáticas têm grande influência no crescimento das pastagens naturais. A temperatura, a radiação solar e a precipitação pluvial, têm importância fundamental na variação estacional e anual do rendimento de matéria seca.

TABELA 1 – Rendimento médio de matéria seca (kg/ha) de uma pastagem natural sob o efeito de adubação (com e sem N P K), nos anos de 1982, 1983 e 1984. Estação Experimental da Faculdade de Agronomia/ UFRGS, Eldorado do Sul

Adubação	Anos		
	1982	1983	1984
Com	6147 a A*	4949 b A	2784 c A
Sem	3243 a B	1990 b B	1445 c B

*Médias seguidas de letras distintas, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, diferem entre si pelo DMS ($P < 0,05$).

TABELA 2 – Contribuição média (%) de trevo branco (*Trifolium repens*) na matéria seca total de uma pastagem natural sob o efeito de adubação (com e sem N P K), nos anos 1982, 1983 e 1984, Estação Experimental da Faculdade de Agronomia/UFRGS, Eldorado do Sul

Adubação	Anos		
	1982	1983	1984
Com	23,22 A a*	18,21 A a	0,68 A b
Sem	0,27 B a	0,55 B a	0,00 A a

*Médias seguidas de letras distintas, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, diferem entre si pelo DMS ($P < 0,05$).

Diversos autores também constataram o efeito benéfico da sobressemeadura de leguminosas na pastagem natural (t'MANNETJE, 1972; SCHOLL et al., 1976; LOBATO et al., 1975; CASTILHOS e JACQUES, 1984).

Com relação à contribuição das gramíneas (Tabela 3), foi obtida uma interação significativa ($P < 0,05$) entre calcário, adubação e o ano. O calcário apresentou efeito significativo somente no primeiro e no terceiro ano. No primeiro ano, houve diferença entre as doses de calcário somente nos tratamentos com adubação, sendo a maior contribuição com 3,0 t/ha de calcário, não diferindo

de 1,5 t/ha. As gramíneas apresentaram maior contribuição no tratamento sem adubação. Isso pode ser atribuído ao efeito da competição exercida pelo trevo branco, principalmente, nos dois primeiros anos. ROBINSON e LAZENBY (1976), no norte da Austrália, avaliando o efeito do superfosfato, trevo branco e lotação na produtividade da pastagem natural, observaram um declínio na percentagem de gramíneas nativas, nas parcelas adubadas e com baixa lotação. Esses autores afirmam que a severa competição do trevo branco foi a causa principal dessa redução.

TABELA 3 – Contribuição média (%) de gramíneas nativas no rendimento de matéria seca de uma pastagem natural sob o efeito de calagem e adubação, em diferentes anos

Anos	Calcário	Adubação	
		Com	Sem
1982	Zero	20,47 a A*	40,35 b A
	1,5 t/ha	30,52 a B	37,10 a A
	3,0 t/ha	34,53 a B	41,86 a A
1983	Zero	25,23 a A	39,62 b A
	1,5 t/ha	28,75 a A	44,67 b A
	3,0 t/ha	28,14 a A	39,99 b A
1984	Zero	41,15 a A	40,90 a A
	1,5 t/ha	29,81 a B	38,32 b B
	3,0 t/ha	32,84 a C	42,77 b C

*Médias seguidas de letras distintas, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, diferem entre si pelo DMS ($P < 0,05$).

As leguminosas nativas foram favorecidas pela adubação. A contribuição dessas, na matéria seca total da pastagem natural, elevou-se de 4,11% (no primeiro ano) para 10,62% (no terceiro ano), nos tratamentos adubados (Tabela 4). O contrário ocorreu com a participação do material morto, que reduziu de 17,11% (no primeiro ano) para

12,43% (no terceiro ano), no tratamento com adubação (Tabela 5). MOOJEN (1991) e GOMES (1996) também observaram aumentos de leguminosas nativas e redução no material morto em pastagem natural adubada. A redução do material morto pode estar relacionada ao maior crescimento das plantas em função da adubação.

TABELA 4 – Contribuição média (%) de leguminosas nativas no rendimento de matéria seca de uma pastagem natural sob o efeito de adubação (NPK), em diferentes anos

Adubação	Anos		
	1982	1983	1984
Com	4,11 A a*	5,54 A a	10,62 A b
Sem	4,56 A a	2,54 B b	5,50 B c

*Médias seguidas de letras distintas, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, diferem entre si pelo DMS ($P < 0,05$).

TABELA 5 – Contribuição média (%) de material morto no rendimento de matéria seca de uma pastagem natural sob o efeito de adubação (NPK), em diferentes anos.

Adubação	Anos		
	1982	1983	1984
Com	17,11 A a*	13,34 A b	12,43 A b
Sem	15,38 A a	18,78 B b	15,21 B a

*Médias seguidas de letras distintas, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, diferem entre si pelo DMS ($P < 0,05$).

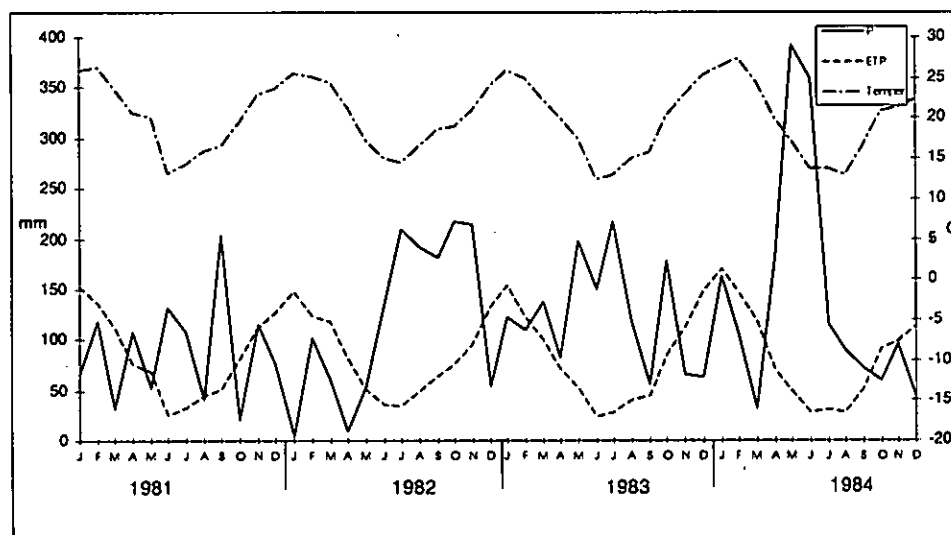


FIGURA 1- Precipitação pluvial (mm), evapotranspiração potencial (mm) e temperatura média (°C), ocorridas no período de janeiro de 1981 a dezembro de 1984, no município de Eldorado do Sul, RS

Observa-se uma interação significativa ($P < 0,05$) entre tratamentos de adubação e anos com relação a contribuição de *Eryngium* spp. na matéria seca total da pastagem natural (Tabela 6). Observa-se um aumento dessas espécies, do

primeiro para o terceiro ano, nos tratamentos com adubação. No primeiro ano, houve maior contribuição no tratamento sem adubação, podendo ser em função da competição exercida pelo trevo branco.

TABELA 6 – Contribuição média (%) de *Eryngium* spp. no rendimento de matéria seca de uma pastagem natural sob o efeito de adubação (NPK), em diferentes anos

Adubação	Anos		
	1982	1983	1984
Com	18,97 A a*	26,20 A b	28,64 A b
Sem	27,05 B a	26,30 A a b	22,82 B b

*Médias seguidas de letras distintas, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, diferem entre si pelo DMS ($P < 0,05$).

CONCLUSÕES

- A adubação, com NPK, promove adequado estabelecimento do trevo branco sobre a pastagem natural.
- A composição botânica da pastagem natural é modificada pela adubação com NPK.
- O rendimento de matéria seca da pastagem natural aumenta com a adubação (NPK).
- Existem diferenças, entre anos, com relação ao rendimento de matéria seca e composição botânica da pastagem natural.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARCELOS, J. M.; SEVERO, C.H.; ACEVEDO, S.A.; MACEDO, W. Influência da adubação e sistemas de pastejo na produção de pastagens naturais. In: **Pastagens, adubação e fertilidade do solo**. UEPAE/Bagé, RS, p. 3-11, 1980. (Miscelânea, 2)
- CASTILHOS, Z.M.S.; FONTE, L.A.M.; RODRIGUES, C.O.; FREITAS, J.M.O. Pastagem natural, sob diferentes períodos de diferimento e níveis de adubação, para pastejo no outono. In: REUNIÃO ANUAL DA SBZ, 34. **Anais...** Juiz de Fora, SBZ, p. 298-300, 1997.
- CASTILHOS, Z.M.S.; JACQUES, A.V.A. Produção e qualidade de uma pastagem natural submetida a tratamentos de introdução de trevo vesiculoso cv. Yuchi (*Trifolium vesiculosum* SAVI), ceifa e queima. **Anuário Técnico do IPZFO**, Porto Alegre, RS, v. 11, p. 103-144, 1984.
- CENTENO, G.A. Efeito da calagem sobre o comportamento inicial de trevo branco (*Trifolium repens* L.), em Pelotas, RS. In: REUNIÃO ANUAL DA SBZ, 10. **Anais...** Porto Alegre, SBZ, p. 380-381, 1973.
- DÜRR, J.W.; CASTILHOS, Z.M.S.; FLORES, A.I.P.; FREITAS, J.M.O.; JACQUES, A.V.A. Melhoramento da pastagem natural: queima, ceifa, pastejo intenso e adubação como modificadores da composição florística. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 22, n. 2, p.330-340, 1993.
- GOMES, D.T. Comportamento no ano do estabelecimento de três cultivares de trevo subterrâneo (*Trifolium subterraneum* L.), sob o efeito de quatro doses de calcário e dois sistemas de cultivo, quando implantadas em pastagem natural submetida a preparo superficial do solo. Tese (Mestre Agronomia-Fitotecnia), Faculdade de Agronomia, UFRGS, Porto Alegre, 123f, 1973.
- GOMES, K.E. Dinâmica e produtividade de uma pastagem natural do Rio Grande do Sul após seis anos da aplicação de adubos, diferimentos e níveis de oferta de forragem. Porto Alegre, 1996, 223f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1996.
- KAPPEL, A. **Os Trevos**. Porto Alegre, Secretaria da Agricultura, Departamento de Produção Animal (DPA, Boletim Técnico, 9), 1967.
- LEAL, T.C.; FREITAS, J.E.; GOMES, D.B. Produtividade do campo nativo adubado. In: REUNIÃO ANUAL DA SBZ, 16. **Anais...** Curitiba, SBZ, p. 405, 1979.
- LOBATO, J.F.P. Comportamento da consorciação de gramíneas temperadas com leguminosas quando implantadas em pastagem natural submetida a preparo superficial do solo, sob o efeito de quatro doses de calcário e dois métodos de semeadura. Tese (Mestre Agronomia-Fitotecnia) Faculdade de Agronomia, UFRGS, Porto Alegre, 127f, 1972.
- LOBATO, J.F.P.; BARRETO, I.L.; LEBOUTE, E.M. Influência da aveia quando semeada na pastagem natural com o *Trifolium vesiculosum* SAVI cv. Yuchi ou com a adubação nitrogenada no desenvolvimento de terneiras desmamadas. In: REUNIÃO ANUAL DA SBZ, 12. **Anais...** Brasília, SBZ, p. 87-88, 1975.

- MACEDO, W.; GONÇALVES, J.O.N. Resposta da cultura de trevo branco (*Trifolium repens* L.) cv. Bagé à calagem e à adubação fosfatada e potássica. In: **Pastagens, adubação e fertilidade do solo**. UEPAE/Bagé, RS, p. 69-87, 1980. (Miscelânea, 2)
- MACEDO, W.; GONÇALVES, J.O.N.; BRASIL, N.E. Efeito de níveis de fósforo com e sem calcário em pastagens de gramíneas e leguminosas. In: **Pastagens, adubação e fertilidade do solo**. UEPAE/Bagé, RS, p. 12-23, 1980a. (Miscelânea, 2)
- MACEDO, W.; BRASIL, N.E.T.; PATELLA, J.F. Calcário na implantação em cobertura de leguminosas de inverno. In: **Pastagens, adubação e fertilidade do solo**. UEPAE/Bagé, RS, p. 41-68, 1980b. (Miscelânea, 2)
- MARTIN, T.W. The role of white clover in grassland. **Herbage Abstracts**, Hurley, v. 30, n. 3, p. 159-164, 1960.
- MOOJEN, E.L. Dinâmica e potencial produtivo de uma pastagem nativa do Rio Grande do Sul submetida a pressões de pastejo, épocas de diferimento e níveis de adubação. Porto Alegre: Faculdade de Agronomia, 1991. 172f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1991.
- MELLO, O. DE; LEMOS, R.C.DE; ABRÃO, P.U.R.; AZOLIN, M.A.D.; SANTOS, M. DA C.L. DOS; CARVALHO, A.P. DE. Levantamento em série dos solos do Centro Agrômico. **Revista da Faculdade de Agronomia e Veterinária da UFRGS**, Porto Alegre, n.8, p. 7-155, 1966.
- MORENO, J.A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, Secretaria da Agricultura, 41p., 1961.
- MOTA, F.S.; BERNY, Z.B.; DA MOTA. Índice climático de crescimento de pastagens naturais no Rio Grande do Sul. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v. 16, n. 4, p. 453-472, 1981.
- OTERO, J.; RESTLE, J.; SILVA, J.H.S. Efeito da adubação fosfatada sobre a composição botânica da consorciação azevém (*Lolium multiflorum* L.), T. branco (*Trifolium repens* L.) e cornichão (*Lotus corniculatus* L.). In: REUNIÃO ANUAL DA SBZ, 14. **Anais...** Recife, SBZ, p. 299-300, 1975.
- ROBINSON, G.G.; LAZENBY, A. Effect of superphosphate, White clover and stocking rate on the productivity of natural pastures, Northern Tablelands, New South Wales. **Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb.**, Melbourne, v. 16, n. 2, p. 209-217, 1976.
- SCHOLL, J.M.; LOBATO, J.F.P.; BARRETO, I.L. Improvement of pastures by direct seeding into native grass in Southern Brazil with oats and with nitrogen supplied by fertilizer or arrowleaf clover. **Turrialba**, San Jose, v. 26, n. 2, p. 144-149, 1976.
- SMETHAN, M.L. Pasture legume species and strains. In: LANGER, R.H.M. **Pastures and Pasture Plants**. London, , p. 129-157, 1973.
- t'MANNETJE, L. The role of native pastures oversown with an introduced legume for beef production in the Brisbane Valley. **Tropical Grasslands**, Brisbane, v. 3, n. 3, p. 244-246, 1972.

CONTRIBUIÇÃO DE VARIÁVEIS AMBIENTAIS À INTERAÇÃO GENÓTIPO X AMBIENTE EM FEIJÃO¹

CARMEN ILSE PINHEIRO JOBIM², ELIZABETH COSTA LEMOS², MARIA ELISABET BURIN³, ENEIDA SCHUCK⁴

RESUMO - A análise da interação genótipo x ambiente foi realizada para o rendimento de grãos de 24 genótipos de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), testados em 5 locais diferentes do Rio Grande do Sul. Os parâmetros da estabilidade foram estimados pelo modelo de regressão linear de EBERHART e RUSSEL (1966). As variáveis ambientais, meteorológicas e os índices de doença, foram usados no modelo como avaliadores do ambiente, visando medir a sua eficiência em comparação ao índice ambiental. Este foi melhor estimador do ambiente, enquanto as variáveis ambientais foram pouco precisas na estimativa.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris*, observações meteorológicas, doenças de plantas.

CONTRIBUTION OF ENVIRONMENTAL VARIABLES TO GENOTYPE X ENVIRONMENT INTERACTION IN BEAN

ABSTRACT – An analysis of genotype x environment interaction was performed on grain yields of twenty-four genotypes of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) grown at five different locations in Rio Grande do Sul. The stability parameters were estimated by the linear regression model of EBERHART & RUSSEL (1966). In addition, the environmental index of the model was obtained through weather variables and disease index. The best estimator of the environment was the usual environmental index, whereas the weather variables and disease index failed to provide a good estimation.

Key words: *Phaseolus vulgaris*, weather variables, plant disease

INTRODUÇÃO

A interação genótipo x ambiente é um contínuo desafio aos melhoristas pelas complicações que causa na seleção de genótipos avaliados em diversos ambientes. Esta interação reduz a correlação entre valores fenotípicos e genotípicos e pode prejudicar o progresso de seleção (COMSTOCK e MOLL, 1963). Várias metodologias foram propostas para estudo da estabilidade, porém, os métodos baseados em análise de regressão são os preferidos (DUARTE, 1988). O modelo por regressão linear de EBERHART e RUSSEL (1966) tem sido usado com vantagem por diversos pesquisadores, em várias espécies e deve ser o preferido quando o número de ambientes for pequeno (VENCOVSKY e BARRIGA, 1992).

Segundo o método de EBERHART e RUSSEL (1966), o genótipo ideal é aquele com rendimento

médio alto, coeficiente de regressão linear igual à unidade e com os menores desvios de regressão. Neste modelo, o coeficiente de regressão estima a adaptabilidade do genótipo, ou a sua resposta à melhoria do ambiente. Os desvios da regressão medem a sua estabilidade, ou a sua resposta às flutuações ambientais. Os autores propuseram, para valor do ambiente, o índice ambiental, obtido pela diferença entre as médias dos genótipos testados no local considerado e a média geral. No entanto, os autores reconhecem a desvantagem de índices ambientais dependentes, que conduzem a testes de significância não exatos. FREEMAN e PERKINS (1971) e LIN et al. (1986) consideraram que o seu uso infringe pressuposições fundamentais de análise da regressão. Segundo estes autores, somente o uso de medidas ambientais independentes torna válido o modelo.

Avaliações independentes do ambiente podem

1. Trabalho financiado pela FAPERGS

2. Eng. Agr., M.Sc. - FEPAGRO, Rua Gonçalves Dias 570, 90130-060 Porto Alegre, RS/BRASIL.

3. Bióloga., M.Sc. - FEPAGRO, Rua Gonçalves Dias 570, 90130-060 Porto Alegre, RS/BRASIL.

4. Eng. Agr., FEPAGRO, Rua Gonçalves Dias 570, 90130-060 Porto Alegre, RS/BRASIL.

Recebido para publicação em 16/11/1999.

ser obtidas por medições de fatores físicos, como observações meteorológicas, infestação de pragas e incidência de doenças no experimento. Os estudos de ABOU-EL-FITTOUH et al. (1969), HARDWICK e WOOD (1972), PERKINS (1972) e SAEED e FRANCIS (1984) encontraram associação entre as variáveis físicas do ambiente e a interação e foram bem sucedidos na previsão da estabilidade de genótipos por regressão com variáveis físicas do ambiente. Para eles, informações sobre a contribuição dos fatores físicos à interação genótipo x ambiente são úteis para entender a natureza dessas interações e estabelecer procedimentos de seleção de genótipos mais tolerantes às variações ambientais.

No entanto, o valor do ambiente obtido a partir de fatores ambientais físicos exige uma amostragem ambiental cuidadosa (EBERHART e RUSSEL, 1966). Além disso, tais fatores variam no tempo em intensidade e duração, dificultando a determinação de seus efeitos sobre os genótipos (FREEMAN e PERKINS, 1971), e a complexidade do ambiente dificilmente pode ser representada por fatores físicos isolados (FINLAY e WILKINSON, 1963).

Em relação ao feijoeiro, os aspectos ambientais mais importantes são as condições hídrica, térmica e de sanidade a que são submetidas as plantas (COMISSÃO ESTADUAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 1998). Porém, JOBIM (1990) trabalhando com as variáveis ambientais “volume de chuva” e “temperatura média” ocorrida no ciclo da cultura, “temperaturas mínimas” ocorridas nos primeiros 30 dias do ciclo, “temperaturas máximas” e “umidade relativa do ar” ocorridas entre os 60 e 90 dias do ciclo, e com os índices de doença causados por antracnose, cretamento bacteriano e ferrugem, não encontrou linearidade associada ao modelo. Concluiu que, os baixos níveis de incidência das doenças no período avaliado foram responsáveis pelos resultados inexpressivos, obtidos com os índices de doença. Por outro lado, considerou que o ambiente físico não foi bem representado pelas variáveis meteorológicas, ao adotar “dias após a semeadura” como o critério para o estabelecimento dos períodos críticos. Sugeriu a utilização da escala dos estádios fenológicos, recomendada pelo CIAT (FERNÁNDEZ e LOPEZ, 1986), para a definição dos períodos críticos.

A respeito dos períodos mais sensíveis da cultura ao estresse ambiental, ou períodos críticos, estudos recentes sobre a ecofisiologia do feijoeiro,

realizados por MASSIGNAM et al. (1998, a e b), estabelecem o período reprodutivo do feijoeiro como o mais crítico à ocorrência de temperaturas altas e deficiências hídricas.

O objetivo deste estudo foi testar a eficiência da utilização das variáveis ambientais tais como, volume de chuva, temperatura média e máxima, e consumo de água da cultura, ocorridos nos períodos críticos do feijão, estabelecidos através dos estádios fenológicos, e dos índices de doença causados por antracnose, cretamento bacteriano e ferrugem como estimadoras do valor do ambiente, na análise da estabilidade de genótipos de feijão.

MATERIAL E MÉTODOS

Os dados de rendimento de grãos de 24 genótipos do Ensaio Estadual de produtividade de feijão para o Rio Grande do Sul (COMISSÃO ESTADUAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 1987), conduzidos em 5 locais (Encruzilhada do Sul, Iraí, Maquiné, Pelotas e Veranópolis) em 1992/93 foram utilizados para este estudo. O delineamento experimental foi blocos ao acaso com 4 repetições e área útil de 3m² e a condução do experimento seguiu as recomendações técnicas para o cultivo de feijão (COMISSÃO ESTADUAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 1998).

Inicialmente, foi testada a normalidade dos quadrados médios residuais obtidos na análise da variância de cada um dos 5 locais. Os dados, então, foram submetidos à análise de variância conjunta, considerando os efeitos de genótipo e locais aleatórios, conforme VENCOVSKY e BARRIGA (1992) (Tabela 1). As diferenças entre as médias dos genótipos foram testadas pelo DMS a 5% (STEEL e TORRIE, 1980). As estimativas dos parâmetros da estabilidade, média ($\bar{Y}_i$), coeficiente de regressão linear (b_i) e quadrado médio dos desvios da regressão ($\sigma^2 d_i$) para todos os genótipos nos locais (ambientes) foram estimados segundo EBERHART e RUSSEL (1966), cujo modelo é:

$$Y_{ij} = \mu_i + \beta_i z_j + \sigma_{ij} + \varepsilon_{ij} \quad \text{onde:}$$

Y_{ij} é a média do genótipo i no ambiente j ;

μ_i é a média do genótipo i em todos os ambientes;

β_i é o coeficiente de regressão do genótipo i em todo

os ambientes;

σ_{ij} é o desvio do genótipo i em relação à sua linha de regressão no ambiente j ;

ϵ_{ij} é o resíduo associado a média;

Z_j é a medida da característica do ambiente (I_j ou

cada uma das variáveis ambientais).

No caso: I_j é o índice ambiental, obtido pela diferença entre o rendimento médio de todos os genótipos no ambiente (Y_j) e o rendimento médio geral dos genótipos nos ambientes (Y), ou: $I_j = Y_j - Y$

TABELA 1 - Distribuição dos graus de liberdade, quadrados médios esperados e F-teste estimados para a análise conjunta da variância, considerando os efeitos de genótipos e locais como aleatórios

FONTE DE VARIAÇÃO	GL ¹	QM	QMESPERADOS	F-teste
REPETIÇÕES/LOCAL	$l(r-1)$	Q1	$\sigma_e^2 + g\sigma_b^2$	Q1/Q5
LOCAL	$(l-1)$	Q2	$\sigma_e^2 + g\sigma_b^2 + b\sigma_{gl}^2 + bg\sigma_l^2$	$(Q2+Q5)/(Q1+Q4)$
GENÓTIPO	$(g-1)$	Q3	$\sigma_e^2 + b\sigma_{gl}^2 + bl\sigma_g^2$	Q3/Q4
GENÓTIPO x LOCAL	$(g-1)(l-1)$	Q4	$\sigma_e^2 + b\sigma_{gl}^2$	Q4/Q5
ERRO		Q5	σ_e^2	

¹ g, l, r, representam, respectivamente, o número de genótipos, locais e repetições do experimento.

² σ_b^2 = variância de bloco dentro de locais

σ_e^2 = variância do erro

σ_g^2 = variância dos genótipos

σ_l^2 = variância dos locais

σ_{gl}^2 = variância da interação genótipo x local

As variáveis ambientais foram observações meteorológicas e avaliações de doenças. As variáveis meteorológicas foram obtidas para cada local, considerando os períodos críticos da cultura para temperaturas altas (MASSIGNAM et al., 1998, b) e as deficiências hídricas (MASSIGNAM et al., 1998, a). Para o estabelecimento dos estádios fenológicos foram seguidos os critérios do sistema padrão do CIAT (FERNÁNDEZ e LÓPEZ, 1986):

a) chuva 1, em mm, correspondendo ao volume de chuva ocorrida em V1;

b) chuva 2, em mm, correspondendo ao volume de chuva ocorrida em V2-V4;

c) chuva 3, em mm, correspondendo ao volume de chuva ocorrida em R5;

d) chuva 4, em mm, correspondendo ao volume de chuva ocorrida em R6;

e) chuva 5, em mm, correspondendo ao volume de chuva ocorrida em R7-R8;

f) temperatura 1, em °C, correspondendo à média das temperaturas máximas ocorridas em R5;

g) temperatura 2, em °C, correspondendo à média das temperaturas médias compensadas ocorridas em R5, sendo temperatura média compensada obtida por:

$$T_{mc} = \frac{\sum T_{cd}}{n} = \frac{\sum \left(\frac{T9h + 2T21h + TM + Tm}{5} \right)}{n}, \text{ onde}$$

T_{mc} = temperatura média compensada;

T_{cd} = temperatura média compensada diária;

n = número de dias do mês;

$T9h$ = temperatura do termômetro de bulbo seco das 9 horas;

$T21h$ = temperatura do termômetro de bulbo seco das 21 horas;

TM = temperatura máxima do dia;

Tm = temperatura mínima do dia;

h) temperatura 3, em °C, correspondendo à média das temperaturas máximas ocorridas em R6;

i) temperatura 4, em °C, correspondendo à média das temperaturas médias compensadas ocorridas em R6;

j) temperatura 5, em °C, correspondendo à média das temperaturas máximas ocorridas em R7-R8;

k) temperatura 6, em °C, correspondendo à média das temperaturas médias compensadas ocorridas em R7-R8;

l) consumo 1, correspondendo ao consumo relativo de água ocorrida em V1, sendo a relação entre a evapotranspiração real e a evapotranspiração máxima da cultura (ET/ET_m),

conforme BERLATO (1987). Os valores da evapotranspiração máxima (ET_m) foram estimados pela radiação solar global, segundo FONTANA (1992), usando os coeficientes de cultura (K_{c2}) determinados para feijão (MATZENAUER, 1992). Para a estimativa da evapotranspiração real (ET) utilizou-se o método do balanço hídrico, segundo THORNTHWAITE e MATHER (1955), empregando como dados de entrada a precipitação pluvial decendial e a ET_m estimada para feijão. Foi utilizada uma capacidade de armazenamento de água disponível de 75mm;

m) consumo 2, correspondendo ao consumo relativo de água ocorrida em V2-V4;

n) consumo 3, correspondendo ao consumo relativo de água ocorrida em R5;

o) consumo 4, correspondendo ao consumo relativo de água ocorrida em R6;

p) consumo 5, correspondendo ao consumo relativo de água ocorrida em R7-R8.

As variáveis referentes à incidência de doenças foram estabelecidas a partir de leituras diretas nos experimentos. A escala de notas utilizada foi de 1 a 9 para avaliação de germoplasma, conforme recomendação da COMISSÃO ESTADUAL DE PESQUISA DE FEIJÃO (1987).

Os índices, que qualificaram os ambientes quanto às doenças, corresponderam à ponderação das notas de doenças ocorrida nos 24 genótipos testados em cada local, em relação ao potencial de máxima severidade da doença. Os índices de doença (Id) foram calculados conforme McKINNEY (1923), por:

$$Id = \frac{\sum(v \times f)}{N \times M}$$

onde:

v = nota de doença na leitura;

f = número de genótipos a que foi atribuído a nota;

N = número de genótipos amostrados;

M = nota máxima da escala adotada.

As variáveis consideradas foram:

a) IDA, correspondendo ao índice de doença causada por antracnose [*Colletotrichum lindemuthianum* (Sacc & Magn.) Briosi & Cav.];

b) IDB, correspondendo ao índice de doença causada pelo crestamento bacteriano comum [*Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli* (Smith) Dye];

c) IDF, correspondendo ao índice de doença causada por ferrugem [*Uromyces appendiculatus* (Reben) Wint.].

Foi aplicado o t-teste a 1% para testar a significância estatística de Ho: b=1. A significância estatística para a variância dos desvios da regressão ($\sigma^2 d_i = 0$) foi testada através de:

$$F = \frac{\sigma^2 d_i}{QME}$$

onde QME é o quadrado médio do erro da análise conjunta.

Foram obtidos os coeficientes de determinação (r^2) do rendimento de grãos com o índice ambiental e com as variáveis ambientais, visando quantificar os efeitos lineares da variação total (STEEL e TORRIE, 1980).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise dos quadrados médios, obtidos das análises da variância dos experimentos em cada local (Tabela 2), mostrou que as discrepâncias entre os quadrados médios residuais são aceitáveis, sendo o maior deles apenas 3,2 vezes o menor. Neste caso, os 5 experimentos podem ser analisados conjuntamente (PIMENTEL GOMES, 1977).

TABELA 2-Quadrado médio dos resíduos (QME) das análises da variância do rendimento de grãos (kg/ha) de 24 genótipos, de 5 locais do RS, em 1992/93

LOCAL	QME
ENCRUZILHADA DO SUL	89386,52
IRAÍ	285549,41
MAQUINÉ	286803,26
PELOTAS	112981,65
VERANÓPOLIS	218460,18

relação maior/menor - 3,2

A análise da variância conjunta (Tabela 3) revelou que os efeitos isolados do genótipo e do local apresentaram variações altamente significativas. Logo, os genótipos avaliados apresentaram variabilidade de rendimento, demonstrando a possibilidade de seleção de genótipos superiores. Por outro lado, a diferença significativa encontrada

entre a interação genótipo x local evidencia a necessidade de que os genótipos sejam submetidos à avaliação em um adequado número de ambientes. Assim, os locais devem representar as possíveis variações de ambiente, que os genótipos testados encontrarão quando recomendados comercialmente.

TABELA 3 - Análise conjunta da variância do rendimento de grãos (kg/ha) de 24 genótipos de feijão testados em 5 locais em 1992/93, no RS

FONTES DE VARIAÇÃO	GL	SQ	QM	F-teste
REPETIÇÃO/LOCAL	15	15444648,3	1029643,2	5,18**
LOCAL	4	115704873,2	28926218,3	28,09**
GENÓTIPO	23	18325893,8	796778,0	2,36**
LOCAL X GENÓTIPO	92	31087045,7	337902,7	1,70**
ERRO	345	68529490,2	198636,2	
TOTAL	479	249091951,2		
MÉDIA	2284,15		CV%	19,51

** indica significância ao nível de 1% de probabilidade

Segundo ALLARD e BRADSHAW (1964), a interação entre genótipos e locais é provocada por variações ambientais imprevisíveis tais como flutuações do clima, principalmente precipitação e temperatura. Estas interações dificultam o processo de seleção (COMSTOCK e MOLL, 1963) e indicam a existência de variabilidade genotípica para resposta a ambientes e, possivelmente, genótipos que menos respondam às variações ambientais. A consequência direta no melhoramento é o comprometimento da recomendação de cultivares, quando se utiliza apenas a média dos rendimentos como critério de seleção.

O desempenho médio dos genótipos testados, representado pelos parâmetros da estabilidade (média, b_i e $\sigma^2 d_i$), obtidos via índice ambiental, está apresentado na Tabela 4. Em relação à média dos 24 genótipos avaliados, apenas um apresentou rendimento de grãos superior à média do

experimento. Em relação aos coeficientes de regressão, todos foram iguais à unidade, do que se pode deduzir que todos os genótipos classificados são de adaptação ampla. Em relação aos desvios da regressão, sete genótipos mostraram desvios significativos, logo, foram considerados, segundo EBERHART e RUSSEL (1966), genótipos imprevisíveis, ou instáveis. A análise dos três parâmetros da estabilidade, conjuntamente, indicou o genótipo CNF5491 com o melhor desempenho, por apresentar rendimento superior, aliado à adaptação geral ($b_i=1$) e à estabilidade ($\sigma^2 d_i=0$).

Os parâmetros coeficientes da regressão (b_i) e a variância dos desvios da regressão ($\sigma^2 d_i$), obtidos através das variáveis meteorológicas e dos índices de doença considerados como estimadores do valor do ambiente, estão nas Tabelas 5, 6, 7 e 8. Quanto aos coeficientes de regressão, foram todos de diferentes magnitudes. Os valores elevados,

TABELA 4 - Rendimentos médios de grãos (RMG), em kg/ha, coeficientes de regressão (b), variância dos desvios da regressão ($\sigma^2 d$) e coeficientes de determinação (r^2) estimados pelo índice ambiental (Ij), de 24 genótipos de feijão testados em 5 locais do RS, em 1992/93

GENÓTIPO	RMG		b_i^1	$\sigma^2 d_i$		r^2_i
CNF5491	2644	S	1,29	265743		0,6244
86-533	2538	M	1,15	202347		0,6364
CNF5488-MINUANO	2532	M	1,28	389058	**	0,5279
CNF5490-MACOTAÇO	2489	M	1,03	213062		0,5693
IAPAR31	2454	M	0,97	338354	*	0,4243
MP89-87	2394	M	0,87	163646		0,5514
86-216	2389	M	1,22	245174		0,6173
GUATEIAN6662	2385	M	1,21	230127		0,6285
CNF5494-MACANUDO	2381	M	1,05	140047		0,6793
FT206	2378	M	0,68	413895	**	0,2274
CARIOCA	2367	M	1,16	131955		0,7303
IAPAR44	2366	M	0,91	231269		0,4917
FT120	2321	M	1,43	241492		0,6940
IAPAR87-96	2257	I	0,79	184781		0,4752
NAG143	2252	I	1,08	114606		0,7328
MP89-103	2212	I	0,90	196082		0,5237
EMPASC201	2184	I	0,83	155213		0,5420
RIO TIBAGI	2162	I	0,53	327721	*	0,1874
CAPIXABA PRECOCE	2134	I	1,36	276351		0,6398
AN730-08	2090	I	0,75	284922		0,3483
CNF5493-PAMPA	2082	I	1,16	322607	*	0,5279
FT88-510	2033	I	0,69	352912	*	0,2627
MP89-242	1970	I	0,90	272198		0,4457
IRAÍ	1805	I	0,80	355239	*	0,3257

* e ** indicam respectivamente, significância ao nível de 5 % e 1 % de probabilidade.

S, M e I indicam genótipo superior, médio e inferior, respectivamente, a 5 % de probabilidade (DMS).

¹ todos b = 1 a 1 % de probabilidade

muitos deles classificados estatisticamente como iguais a um, demonstraram a não regressão do modelo, não havendo portanto, associação linear entre as variáveis ambientais e os rendimentos dos genótipos. Em relação aos desvios de regressão, quando estimados por Chuva 3 (Tabela 5), Temperatura 5 e Temperatura 6 (Tabela 6) e IDA (Tabela 8), todas as variâncias foram, significativamente, diferentes de zero, com todos os genótipos classificados como instáveis. As demais variáveis classificaram a maior parte dos

genótipos como instáveis, apenas variando aleatoriamente as classificações dos genótipos. Consequentemente, as variáveis ambientais, na forma como foram utilizadas neste trabalho, não alcançaram o desempenho do índice ambiental nas estimativas das regressões lineares do modelo de EBERHART e RUSSEL (1966). Assim, a ineficiência dessa metodologia em discriminar os genótipos estáveis não permitiu maiores esclarecimentos da interação genótipo x ambiente.

TABELA 5 - Coeficientes de regressão (b_i) e variância dos desvios da regressão ($\sigma^2 d_i$) estimados por chuva 1, chuva 2, chuva 3, chuva 4 e chuva 5, de 24 genótipos de feijão testados em 5 locais do RS, em 1992/93

GENÓTIPO	PARÂMETROS ESTIMADOS POR									
	Chuva 1		Chuva 2		Chuva 3		Chuva 4		Chuva 5	
	b_i	$\sigma^2 d_i$	b_i	$\sigma^2 d_i$	b_i	$\sigma^2 d_i$	b_i	$\sigma^2 d_i$	b_i	$\sigma^2 d_i$
CNF5491	3,56	696388 **	-0,11	707377 **	0,29	703128 **	-8,12	687681 **	9,34	604534 **
86-533	-3,11	548080 **	-0,85	553390 **	-0,13	555719 **	8,99	532325 **	6,86	500963 **
CNF5488-MINUANO	0,51	823830 **	1,96	807237 **	0,96	776275 **	-11,43	784812 **	4,22	803068 **
CNF5490-MACOTAÇO	-3,55	483651 **	2,24	472733 **	0,8	462082 **	2,46	492855 **	6,49	445005 **
IAPAR31	0,40	587623 **	1,63	576071 **	0,77	556941 **	-8,93	563862 **	3,33	574686 **
MP89-87	1,49	362839 *	-3,42	313479 *	-0,89	323565 *	6,31	352861 *	6,87	309100
86-216	2,42	635495 **	-1,71	627748 **	-0,28	636709 **	-0,23	640599 **	9,57	532467 **
GUATEIAN6662	7,87	565364 **	-4,39 *	534943 **	-1	567780 **	-4,8	612495 **	11,44 *	465021 **
CNF5494-MACANUDO	1,69	434139 **	-1,40	428035 **	-0,21	434447 **	-2,27	436614 **	7,49	370402 *
FT206	-5,30	511231 **	2,24	513778 **	0,74	507433 **	3,98	530992 **	1,44	533287 **
CARIOCA	0,76	488759 **	-0,48	488230 **	0,08	488899 **	-0,82	489054 **	7,75	418434 **
IAPAR44	14,63 **	268049 *	-6,03	295407 *	-1,51	337475 *	-10,86	419714 **	15,55 **	169567
FT120	7,80	736202 **	-5,12	674279 **	-1,15	721583 **	-4,89	782136 **	10,96	647494 **
IAPAR87-96	6,33	317082	-2,93	314501	-0,69	327310 *	-3,3	348822 *	9,95	235275
NAG143	4,35	412362 **	-4,50 *	340106 *	-1,14	362536 *	3,12	425972 **	9,45 *	323544 *
MP89-103	4,95	390341 **	-2,42	385904 **	-0,47	400211 **	-5,2	403589 **	6,96	354617 *
EMPASC201	6,99	296248	-1,70	326197 *	-0,23	336030 *	-10,48	305997	8,13	260845
RIO TIBAGI	0,48	403076 **	-3,89	336750 *	-1,05	346366 *	6,15	391966 **	0,95	402207 **
CAPIXABA PRECOCE	4,72	747764 **	-4,39	682761 **	-1,1	705404 **	4,53	761099 **	13,73 *	544933 **
AN730-08	7,96	381860 *	-4,20 *	369692 *	-1,04	381164 *	-4,52	431081 **	9,26 *	335942 *
CNF5493-PAMPA	11,23	573208 **	-8,22 *	386991 **	-2,17	441529 **	-0,59	682240 **	13,47 *	469135 **
FT88-510	-0,56	478355 **	0,06	478617 **	0,16	477366 **	-0,25	478613 **	3,31	465689 **
MP89-242	2,60	485208 **	-4,29 *	410468 **	-1,11	427527 **	5	483601 **	6,4	442771 **
IRAI	-0,26	526726 **	-0,46	525860 **	0,06	526588 **	-1,47	526143 **	2,42	519853 **

1* e ** indicam respectivamente, significância ao nível de 5% e 1% de probabilidade para o t-teste de $b_i=1$ 2* e ** indicam respectivamente, significância ao nível de 5% e 1% de probabilidade para o F-teste de $\sigma^2 d_i=0$

32 TABELA 6 - Coeficientes de regressão (b_i) e variância dos desvios da regressão ($\sigma^2 d_i$) estimados por temperatura 1, temperatura 2, temperatura 3, temperatura 4, temperatura 5 e temperatura 6 de 24 genótipos de feijão testados em 5 locais do RS, em 1992/93

Genótipo	PARÂMETROS ESTIMADOS POR									
	Temperatura 1	Temperatura 2	Temperatura 3	Temperatura 4	Temperatura 5	Temperatura 6				
	b_i	$\sigma^2 d_i$	b_i	$\sigma^2 d_i$	b_i	$\sigma^2 d_i$	b_i	$\sigma^2 d_i$	b_i	$\sigma^2 d_i$
CNF5491	-96	635721	** -157	601050	** -16	533586	** -12	556164	** 62	686429
86-533	-144	396850	** -153	456390	** -86	533586	** -12	556164	** 15	553362
CNF5488-MINUANO	-44	809145	** -72	801778	** 98	794714	** 125	681260	** 131	730019
CNF5490-MACOTAÇO	-87	435777	** -122	430699	** -30	491933	** 54	486547	** 100	439831
IAPAR31	-32	579958	** -56	574536	** 74	570704	** 96	562383	** 104	529268
MP89-87	-135	222849	-147	272673	-110	37598	-90	342652	*	341363
86-216	-134	502440	** -178	504162	** -80	620886	** -48	634239	** 4	640544
GUATEIAN6662	-145	455881	** -204	441341	** -105	585644	** -124	576913	** -65	596320
CNF5494-MACANUDO-111	*	341153	*	349234	*	56	427067	** -29	434371	** 7
FT206	-47	518766	** -42	528020	** 18	534787	** 88	514503	** 88	493194
CARIOCA	-110	395836	** -146	398042	** -43	483571	** -2	489240	** 37	481627
IAPAR44	-137	310015	-246	194457	-168	368121	*	236	** 301154	-124
FT120	-162	585248	** -206	607365	** -87	766033	** -110	755823	** -71	761732
IAPAR87-96	-107	263963	-168	230674	-107	316970	-117	314680	-48	339280
NAG143	-158	236194	-187	278824	-126	379796	*	387880	** -83	391722
MP8 -103	-89	350956	*	345809	*	38	407233	** -51	404563	** -21
EMPASC201	-65	305899	-126	270382	-27	336665	*	331489	*	338869
RIO TIBAGI	-89	341484	*	391150	** -42	397843	** -50	396421	** -85	363720
CAPIXABA PRECOCE-199	**	459809	** -259	480465	** -182	664862	** -155	701405	** 75	736656
AN730-08	-106	349669	*	329018	*	101	405660	** -135	386763	** -81
CNF5493-PAMPA	-196	385648	** -251	414178	** -191	570346	** -243	521293	** -180	507347
FT88-510	-57	453150	** -68	458968	** -4	478582	** 23	477120	** 33	472533
MP89-242	-137	345109	*	405684	** -99	460803	** -95	465986	** 84	452844
IRAJÁ	-60	499040	** -58	512416	** 21	525470	** 38	522744	** 30	522033

1 * e ** indicam respectivamente, diferença significativa ao nível de 5 % e 1 % de probabilidade para o t-teste de $b_i=1$

2 todos $b_i=1$ pelo t-teste

3 * e ** indicam respectivamente, diferença significativa ao nível de 5 % e 1 % de probabilidade para o F-teste de $\sigma^2 d_i=0$

4 todos $\sigma^2 d_i=0$ pelo F-teste

TABELA 7 - Coeficientes de regressão (b_i) e variância dos desvios da regressão ($\sigma^2 d_i$) estimados por consumo 1, consumo 2, consumo 3, consumo 4 e consumo 5 de 24 genótipos de feijão testados em 5 locais do RS, em 1992/93

Genótipo	PARÂMETROS ESTIMADOS POR									
	Consumo 1		Consumo 2		Consumo 3		Consumo 4		Consumo 5	
	b_i	$\sigma^2 d_i$	b_i	$\sigma^2 d_i$	b_i	$\sigma^2 d_i$	b_i	$\sigma^2 d_i$	b_i	$\sigma^2 d_i$
CNF5491	51366	** 480404	** 7297	601499	** 1787	584091	** 2790	*	** 3523	** 351903
86-533	58565	** 261422	181	556480	** 2374	** 338959	* 2950	**	* 2472	** 381462
CNF5488-MINUANO	52557	* 586388	** 8974	* 663855	** 1918	682002	** 3519	**	** 4228	** 312045
CNF5490-MACOTAÇO	60807	** 176516	5098	442961	** 2471	** 258863	3278	**	3107	** 218037
IAPAR31	40335	* 447775	** 7075	488180	** 1473	503973	** 2691	*	** 3244	** 286365
MP89-87	31957	* 276895	-2074	356213	* 1169	311972	1308	*	* 1162	326076
86-216	49656	** 428453	** 3109	621378	** 1792	* 516528	** 2404	*	** 2680	** 434866
GUATEIAN6662	33344	** 523728	** 2337	608526	** 939	584341	** 1335	*	** 2110	* 491871
CNF5494-MACANUDO	42594	** 280532	2568	423510	** 1548	* 344122	* 2146	*	* 2362	** 276837
FT206	43594	* 372217	* 2574	522561	** 1873	* 400219	** 2616	*	* 2218	* 394788
CARIOCA	50764	** 267517	3927	458566	** 1895	* 350508	* 2668	**	* 2877	** 252126
IAPAR44	10960	444688	** 3274	433700	** -170	453900	** -403	*	** 1019	425251
FT120	38426	662255	** 1852	782476	** 1118	741049	** 1777	*	** 2557	* 601967
IAPAR87-96	23705	303734	2237	342127	* 654	335531	* 723	*	* 1319	302216
NAG143	34551	* 326174	* -1065	426635	** 1145	378278	* 1351	*	** 1535	361404
MP89-103	25628	355189	* 2668	397534	** 753	389764	** 1262	*	* 1864	* 312103
EMPASC201	21682	298420	5307	282838	518	328505	* 1024	*	1999	** 224385
RIO TIBAGI	10497	393800	** -4778	357855	* 365	398120	** 537	*	** 274	401123
CAPIXABA PRECOCE	51491	* 539121	** 287	767092	** 1796	642643	** 1967	*	** 2153	634384
AN730-08	14222	419785	** 1055	434972	** 215	435391	** 243	*	** 965	410488
CNF5493-PAMPA	19685	650005	** -2410	671788	** 297	679923	** 139	*	** 868	661723
FT88-510	30821	396895	** 2236	468683	** 1185	424371	** 1760	*	** 1812	* 384562
MP89-242	27517	425947	** -2624	477402	** 942	456796	** 1140	*	** 1106	456016
IRAI	30906	444599	** 2028	518602	** 1158	474937	** 1938	*	* 2060	* 405141

1 * e ** indicam respectivamente, diferença significativa ao nível de 5 % e 1% de probabilidade para o t-teste de $b_i=1$ 2 * e ** indicam respectivamente, diferença significativa ao nível de 5 % e 1% de probabilidade para o F-teste de $\sigma^2 d_i=0$

TABELA 8 - Coeficientes de regressão (b_i) e variância dos desvios da regressão ($\sigma^2 d_i$) estimados por IDA, IDB e IDF, de 24 genótipos de feijão testados em 5 locais do RS, em 1992/93

GENÓTIPO	PARÂMETROS ESTIMADOS POR								
	IDA			IDB			IDF		
	b_i ²	$\sigma^2 d_i$ ³	b_i ¹	$\sigma^2 d_i$ ³	b_i ¹	$\sigma^2 d_i$ ³			
CNF5491	13,48	702492	**	3,35	704480	**	-46,85	625177	**
86-533	7,25	555117	**	6,44	545624	**	-41,75	491230	**
CNF5488-MINUANO	-25,04	807018	**	10,35	795808	**	-31,53	786816	**
CNF5490-MACOTAÇO	19,98	483812	**	15,16	434064	**	-12,54	488770	**
IAPAR31	-17,22	579702	**	8,30	569586	**	-22,58	568650	**
MP89-87	7,11	363395	*	-6,19	354652	*	-65,15	* 246611	
86-216	17,39	632400	**	-0,24	640601	**	-55,07	526954	**
GUATEIAN6662	18,42	610171	**	-12,51	578123	**	-80,32	* 377636	*
CNF5494-MACANUDO	8,16	434828	**	0,14	436631	**	-47,32	352708	*
FT206	-7,01	534401	**	14,12	483897	**	-1,43	535661	**
CARIOCA	9,31	486898	**	4,06	484906	**	-42,84	420480	**
IAPAR44	57,89	363950	*	-23,15	* 313682		-85,80	** 179122	
FT120	-0,78	789286	**	-14,05	737291	**	-95,28	** 449056	**
IAPAR87-96	33,96	320742	*	-8,61	332539	*	-52,11	250325	
NAG143	12,01	424971	**	-10,49	399869	**	-74,09	* 223198	
MP89-103	2,38	411547	**	-6,59	400257	**	-53,61	304011	
EMPASC201	16,01	331900	*	-6,28	328472	*	-46,50	257823	
RIO TIBAGI	-32,12	375240	*	-9,68	378587	*	-51,09	305471	
CAPIXABA PRECOCE	38,84	726265	**	-8,22	749470	**	-80,26	* 525841	**
AN730-08	22,48	423451	**	-14,18	384154	*	-63,25	* 287261	
CNF5493-PAMPA	23,90	667824	**	-26,11	* 503547	**	-110,58	** 225066	
FT88-510	-4,29	478130	**	3,91	474604	**	-22,75	459235	**
MP89-242	-4,20	490618	**	-9,80	465753	**	-66,19	* 326930	*
IRAÍ	-21,56	514160	**	2,17	525549	**	-32,54	487114	**

1 * e ** indicam respectivamente, diferença significativa ao nível de 5 % e 1% de probabilidade para o t-teste de $b_i=1$ 2 todos $b_i=1$ pelo t-teste3 * e ** indicam respectivamente, diferença significativa ao nível de 5 % e 1% de probabilidade para o F-teste de $\sigma^2 d_i=0$

Os coeficientes de determinação (r^2) do rendimento com o índice ambiental e com as variáveis ambientais quantificaram os efeitos lineares de cada genótipo na variação total. Os coeficientes de determinação estimados pelo índice ambiental variaram entre 0,1874 e 0,7328, demonstrando que os genótipos avaliados apresentam variabilidade para a porção da soma dos quadrados médios do rendimento explicável pelo índice ambiental. No caso dos coeficientes de determinação, estimados para as variáveis meteorológicas obtidas com chuva, temperatura e consumo de água, os valores variaram entre 0,0000 e 0,6432. Os maiores valores de r^2 coincidiram com os b classificados como diferentes de 1, demonstrando quão pouco da variação observada pode ser explicada pela regressão linear. No caso dos r^2 obtidos com os índices de doença, as variações observadas foram de 0,0000 a 0,6063, onde as menores associações foram estimadas para o índice de antracnose (IDA) e as maiores pelo índice de ferrugem (IDF). Logo, estes valores confirmam o fraco desempenho das variáveis ambientais, que pela metodologia usada, motivaram a perda de precisão das estimativas dos parâmetros do modelo.

No entanto, temperatura e disponibilidade hídrica, juntamente com as doenças, são, reconhecidamente, as variáveis ambientais mais importantes para a cultura. Porém, NOR e CADY (1979), SAEED e FRANCIS (1984), GORMAN et al. (1989) e KANG e GORMAN (1989), estudando a utilização de medidas físicas do ambiente como estimadoras da estabilidade, encontraram relações significativas entre a análise genótipo x ambiente e os índices ambientais físicos, compostos matematicamente a partir de variáveis ambientais. Provavelmente, os métodos de análise da estabilidade utilizados pelos autores, diferentemente do método de EBERHART e RUSSEL (1966) aplicado neste estudo, sejam mais sensíveis ao uso de medidas físicas do ambiente.

CONCLUSÕES

O índice ambiental foi o melhor estimador do ambiente, enquanto a metodologia de análise, envolvendo as variáveis ambientais, não proporcionou boa discriminação entre os genótipos.

O genótipo que se mostrou estável e responsivo pela método de regressão linear de EBERHART e RUSSEL (1966), usando o índice ambiental como valor do ambiente, foi CNF5491.

PESO. AGROP. GAÚCHA, v.6, n.1, p.27-38, 2000

BIBLIOGRAFIA CITADA

- ABOU-EL-FITTOUH, H.A.; RAWLINGS, J.O.; MILLER, P.A. Genotype by environment interactions in cotton-their nature and related environment variables. *Crop Science*, Madison, v.9, p.377-381, 1969.
- ALLARD, R.W.; BRADSHAW, A.D. Implications of genotype-environmental interactions in applied plant breeding. *Crop Science*, Madison, v.4, p.503-508, 1964.
- BERLATO, M.A. **Modelo de relação entre o rendimento de grãos da soja e o déficit hídrico para o Estado do Rio Grande do Sul**. São José dos Campos: INPE, 1987. 93p. Tese (Doutorado em Meteorologia). Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. 1987.
- COMISSÃO ESTADUAL DE PESQUISA DE FEIJÃO. **Regimento interno**. Porto Alegre: IPAGRO, Secretaria da Agricultura e Abastecimento, 1987. 37p.
- COMISSÃO ESTADUAL DE PESQUISA DE FEIJÃO. **Feijão. Recomendações técnicas para cultivo no Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: FEPAGRO/EMBRAPA-CPACT, 1998. 80p.
- COMSTOCK, R.E.; MOLL, R.H. Genotype x environment interactions. In: HANSON, W.D.; ROBINSON, H.F. (Eds.) *Statistical genetics of plant breeding*. Washington: NAS-NRC, 1963. p.164-166.
- DUARTE, J.B. **Estudo da adaptabilidade e estabilidade fenotípica em linhagens e cultivares de feijão mulatinho (*Phaseolus vulgaris* L.)**. Goiânia: UFG, 1988. 155p. Dissertação (Mestrado em Agronomia).
- EBERHART, S.A.; RUSSEL, W.A. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Science*, Madison, v.6, p.36-40, 1966.
- FERNÁNDEZ, F.; LÓPEZ, P. **Etapas de desarrollo de la planta de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.)**. Cali: CIAT, 1986. 34p.
- FINLAY, K.W.; WILKINSON, G.N. The analysis of adaptation in a plant-breeding programme. *Australian Journal of Agricultural Research*, Melbourne, v.14, p.742-754, 1963.
- FONTANA, D.C. Determinação da evapotranspiração. In: BERGAMASCHI, H. (Coord.). **Agrometeorologia aplicada à irrigação**. Porto Alegre: Editora da Universidade/UFRGS, 1992. p.48-62.
- FREEMAN, G.H.; PERKINS, J.M. Environmental and genotype-environmental components of variability. VIII. Relations between genotypes grown in different environments and measures of these environments.

- Heredity**, Endinburgh, v.27, p.25-23, 1971.
- GORMAN, D.P.; KANG, M.S.; MILAM, M.R. Contribution of wheather variables to genotype x environment interaction in grain sorghum. **Plant Breeding**, Berlin, v.103, p.299-303, 1989
- HARDWICK, R.C.; WOOD, J.T. Regression methods for studying genotype-environment interactions. **Heredity**, Endinburgh, v.28, p.209-222, 1972.
- JOBIM, C.I.P. **Utilização de variáveis ambientais na análise da interação genótipo x ambiente em feijão (*Phaseolus vulgaris* L.)**. Porto Alegre: UFRGS, 1990.85p. Dissertação (Mestrado em Agrometeorologia) - Faculdade de Agronomia, UFRGS.1990.
- KANG, M.S.; GORMAN, D.P. Genotype x enviroment interaction in maize. **Agronomy Journal**, Madison, v.81, p.662-664
- LIN, C.S.; BINNS, M.R.; LEFKOVITCH, L.P. Stability analysis: where do we stand? **Crop Science**, Madison, v.26, p.894-900, 1986.
- MASSIGNAM, A.M.; VIEIRA, H.J.; HEMP, S.; DITTRICH, R.C.; FLESCH, R.D.; VICTORIA, F.B. Ecofisiologia do feijoeiro. I- Determinação do período mais crítico à deficiência hídrica do solo. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.6, n.1, p.35-39. 1998, a
- MASSIGNAM, A.M.; VIEIRA, H.J.; HEMP, S.; FLESCH, R.D. Ecofisiologia do feijoeiro. II- Redução do rendimento pela ocorrência de altas temperaturas no florescimento. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.6, n.1, p.41-45. 1998, b.
- McKINNEY, H.H. Influence of soil temperature and moisture on infection of wheat seedlings by *Helminthosporium sativum*. **Journal of Agricultural Research**, Washington, v.26, n.5, p.195-218, 1923.
- MATZENAUER, R. Evapotranspiração de plantas cultivadas e coeficientes de cultura. In: BERGAMASCHI, H. (Coord.) **Agrometeorologia aplicada à irrigação**. Porto Alegre: Editora da Universidade/UFRGS, 1992. p.33-47.
- NOR, K.M.; CADY, F.B. Methodology for indentifying wide adaptability in crops. **Agronomy Journal**, Madison, v.71, p.556-559, 1979.
- PERKINS, J.M. The principal component analysis of genotype-enviromental interactions and physical measures of the environmental. **Heredity**, Endinburgh, v.29, p.51-70, 1972.
- PIMENTEL GOMES, F. **Curso de estatística experimental**.7.ed. Piracicaba: Livraria Nobel, 1977. 430p.
- SAEED, M.; FRANCIS, C.A. Association of weather variables with genotype x environment interactions in grain sorghum. **Crop Science**, Madison, v.24, p.13-16, 1984.
- STEEL, R.G.D.; TORRIE, J.H. **Principles and precedures of statistics: a biometrical approach**. 2. ed. New York: McGraw-Hill, 1980. 633p.
- THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. The water budged and its use in irrigation. In: **The yearbook of agriculture: water**. Washington D.C.: Department of Agriculture, 1955. p.346-3 58.
- VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. Componentes da variação fenotípica: análise em vários ambientes. In: _____. **Genética biométrica no fitomelhoramento**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1992. Cap.4, p.233-333.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FEPAGRO/Programa Feijão e à EMBRAPA/CPTAB, instituições participantes da COMISSÃO ESTADUAL DE PESQUISA DE FEIJÃO (CEPEF), pela cedência dos dados experimentais.

ZONEAMENTO AGROCLIMÁTICO DA CULTURA DE MILHO POR ÉPOCAS DE SEMEADURA, NO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL.

JAIME RICARDO TAVARES MALUF¹; RONALDO MATZENAUER²; MÁRCIA RODRIGUES CAIAFFO³

RESUMO - Com o objetivo de delimitar áreas com aptidão para a cultura de milho foi realizado o zoneamento agroclimático, usando soma de graus-dia e deficiência hídrica como índices agroclimáticos, em diferentes épocas de semeadura, no Estado do Rio Grande do Sul, Brasil. O zoneamento foi elaborado para as semeaduras de 1/8, 1/9, 1/10, 1/11, 1/12 e 1/1, obtendo-se seis mapas de zoneamento, em escala original de 1:750.000, sendo apresentados no trabalho em formato reduzido. As áreas de zoneamento foram classificadas como Preferencial I, Preferencial II, Toleradas, Marginais e Não Recomendado o Cultivo. As regiões com maior potencial para milho no estado são: Planalto, Serra do Nordeste, Serra do Sudeste e Alto Vale do Uruguai. Médio e Baixo Vale do Uruguai, Missões, Depressão Central, Litoral Sul e Campanha, embora também mostrem potencial para milho, são regiões que apresentam maiores valores de deficiência hídrica e, mediante o uso de irrigação, passam a ser classificadas pelo índice térmico. A maior limitação ao alto rendimento de grãos da cultura de milho no estado, é a deficiência hídrica, que ocorre normalmente no sudoeste e sudeste do estado e em parte da Depressão Central, nas semeaduras de 1/9 a 1/1. A temperatura mínima e a ocorrência de geadas são as maiores limitações na semeadura centralizada em 1/8. Os resultados obtidos demonstram que no Rio Grande do Sul, a aptidão agroclimática para a cultura de milho varia com a época de semeadura e com a região, evidenciando a importância de realizar-se o zoneamento por épocas de semeadura.

Palavras-chave: Aptidão agroclimática, deficiência hídrica, graus-dia, milho, Rio Grande do Sul.

CORN AGROCLIMATIC ZONING BY SOWING DATES IN THE STATE OF RIO GRANDE DO SUL, BRAZIL

ABSTRACT - Aiming to delimit areas showing climate aptitude for growing corn, an agroclimatic zoning based on growing degree-days and water deficit as agroclimatic indexes, at different sowing dates, was generated for the State of Rio Grande do Sul, Brazil. The zoning was established for sowing dates 8/1, 9/1, 10/1, 11/1, 12/1, and 1/1, and six maps (1:750,000), which are presented in a reduced form in this paper, were obtained.

The zoning areas were classified as Preferential I and II, Tolerable, Marginal, and Not Recommended for corn. Planalto, Serra do Nordeste, Serra do Sudeste, and Alto Vale do Uruguai are the regions showing higher potential for corn in the state. Additionally, Médio and Baixo Vale do Uruguai, Missões, Depressão Central, Litoral Sul, and Campanha regions, though also showing potential for corn, have the highest values of water deficit and, by using irrigation, are classified through the temperature index. The main limitation to high corn yields in the state is linked to water deficit that normally occurs in southwestern and southeastern state areas and in part of Depressão Central region in 9/1 to 1/1 sowing dates. Low temperatures and frost occurrence are the most limiting factors in the sowings centered in 8/1. The results obtained show that climate aptitude for corn in Rio grande do Sul varies according to the sowing date and region, evidencing the importance of carrying out the zoning by sowing dates.

Key words: Agroclimate aptitude, water deficit, degree-days, corn, Rio Grande do Sul.

INTRODUÇÃO

O zoneamento agroclimático constitui-se em importante subsídio às atividades que dependem direta ou indiretamente, do meio ambiente. Possibilita o conhecimento de áreas com potencial climático para estabelecimento de culturas agrícolas,

minimizando riscos causados por adversidades climáticas. É importante no direcionamento da política e planejamento agrícola, e na liberação de crédito e seguro agrícola.

A produção de milho no Estado do Rio Grande do Sul ainda é insuficiente para atender à demanda

¹ Eng.-Agr., M.Sc., Pesquisador da Embrapa Trigo, Cx.P. 451, 99001-970 Passo Fundo, RS.

² Eng.-Agr., Dr., Pesquisador da Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária/ SCT, bolsista do CNPq.

³ Eng.Civil, Universidade de Brasília, FINATEC.

Recebido para publicação em 25/01/2000

deste cereal. Essa condição agrava-se quando frustrações de safras se fazem presentes. Os baixos valores e a má distribuição da precipitação pluvial, como ocorreu no Rio Grande do Sul, nos anos agrícolas de 78-79, 79-80, 81-82, 85-86, 87-88 e 90-91, foram as causas dos baixos rendimentos das culturas de primavera-verão (MATZENAUER et al., 1998a e 1998b; BERLATO & FONTANA, 1999).

MOTA et al. (1974) mencionam que o milho pode ser cultivado em quase todo o Estado do Rio Grande do Sul. Referem que algumas regiões do estado apresentam baixa disponibilidade térmica, o que limita o cultivo de milho a um período curto, com estação de crescimento de 210 a 250 dias, e que a região da Serra do Nordeste possui uma estação de crescimento demasiadamente curta, com menos de 210 dias, apresentando insuficiência térmica para milho. BERLATO et al. (1974), BERLATO e SUTILI (1976) e BERLATO et al. (1984), demonstraram que a temperatura é o elemento de grande influência no desenvolvimento e rendimento de milho no estado.

As exigências térmicas das diferentes cultivares de milho pode variar para germinação e crescimento, porém são poucas as que se desenvolvem satisfatoriamente abaixo de 10 °C, em condições de campo, e os processos de florescimento e maturação são acelerados com o aumento das temperaturas médias diárias até 26 °C. Por outro lado, esses processos são retardados em temperaturas abaixo de 15,5 °C (CAMARGO, 1966). FERRAZ (1966) indica as temperaturas de 10 °C, 30 °C e 41 °C como temperaturas mínima, ótima e máxima, respectivamente, para crescimento de milho. Limites extremos estabelecidos indicam que o milho praticamente não é cultivado em áreas em que a temperatura média da noite é inferior a 12,8 °C (SHAW, 1955, citado por VERDADE et al., 1974).

CAMARGO (1966) cita 19 °C, para o Estado de São Paulo, como temperatura média anual, limite inferior, da faixa considerada termicamente apta ao milho, e temperatura de 22 °C a 23 °C no verão, como condição considerada “de plena aptidão térmica”. Cita, ainda, 17 °C como temperatura abaixo da qual a faixa de aptidão é considerada inapta, por insuficiência térmica, e entre os limites de 17 °C a 19 °C, considerada termicamente marginal. Diversos autores consideram a temperatura de 10 °C como temperatura mínima

para haver crescimento de plantas de milho, usando esse valor como temperatura base na determinação dos graus-dia (LANA & HABER, 1951; GILMORE & ROGERS, 1958; KISH, 1964; BROWN, 1970). Em trabalho de zoneamento da cultura do milho para o Estado do Rio Grande do Sul, MALUF et al. (1986) encontraram que a temperatura não é fator limitante para o milho no Estado. Restrições térmicas ocorrem em partes das regiões da Serra do Nordeste, Planalto Médio e Planalto Superior, variando a abrangência das áreas com a época de semeadura. No Estado do Rio Grande do Sul, em geral, o regime térmico atende às exigências da cultura do milho e outras culturas de primavera-verão, sendo a deficiência hídrica causada por períodos de estiagem e por distribuição irregular da precipitação pluvial, fator limitante para obtenção de altos rendimentos de grãos (MOTA et al., 1974; MATZENAUER e SUTILI, 1983; BERLATO, 1992; MOTA et al., 1991; MOTA et al., 1996; CUNHA et al., 1998). No estado, poucas vezes o milho encontra situações de cumprir todo o ciclo em condições ideais de disponibilidade hídrica. Em algumas regiões, durante os meses de verão, é frequente a ocorrência de deficiência hídrica, sendo esta em alguns anos acentuada, o que se agrava quando coincide com o florescimento.

MATZENAUER et al. (1998a), em experimento desenvolvido em campo, na região da Depressão Central do Rio Grande do Sul, encontraram que os maiores valores de consumo de água (ETm) da cultura de milho irrigado ocorreu no período do pendramento ao espigamento (ETm/dia=7,0 mm). Determinaram o consumo de água de 573 mm durante o ciclo, ou seja, 4,6 mm por dia. MOTA (1958) menciona como comprovado que o fator climático fundamental, que determina o rendimento de milho no Rio Grande do Sul, é o regime hídrico na época da floração, estando sua influência associada à época de semeadura local. MOTA et al. (1974) referem que 67 % da área do estado onde o milho pode ser cultivado não necessita irrigação na maioria dos anos. Entretanto, no restante da área a frequência de anos em que a chuva é insuficiente para atender às necessidades da planta aumenta de norte para sul e para o litoral. MALUF et al. (1986) concluíram que as maiores limitações à obtenção de altos rendimentos de milho no Rio Grande do Sul são impostas pela deficiência hídrica, que ocorre com maior frequência no oeste, sudoeste e sudeste do Estado, nas regiões do Vale

do Rio Uruguai, Campanha, Depressão Central, Litoral Sul e Serra do Sudeste. Referem que as regiões que apresentam limitações por deficiência hídrica, com o uso de irrigação, passam a ter alto potencial de produtividade.

ÁVILA (1994) cita que a probabilidade da precipitação pluvial superar a evapotranspiração potencial nos meses de dezembro a fevereiro, em praticamente todo o estado, é inferior a 60 %. Este fato indica alta frequência de ocorrência de deficiência hídrica e consequentemente redução no rendimento de grãos das culturas de primavera-verão. Trabalhos como os de BERLATO (1992), MOTA et al. (1991), MOTA et al. (1996), CUNHA et al. (1998) e MATZENAUER, et al. (1998b), referem que a baixa disponibilidade hídrica, causada pela baixa quantidade e/ou má distribuição da precipitação pluvial, é o principal fator limitante ao alto rendimento de grãos de soja no Estado do Rio Grande do Sul. Pela irregularidade e má distribuição da precipitação pluvial e pela distribuição temporal e espacial da temperatura, nas diversas regiões do estado, verificou-se a importância de realizar o zoneamento para o milho, por épocas de semeadura.

O presente trabalho teve como objetivo delimitar áreas com maior aptidão agroclimática e com menores riscos, para a cultura de milho, por época de semeadura, no Estado do Rio Grande do Sul.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados dados meteorológicos da série de observações do período de 1945 a 1975, de 43 localidades do Estado do Rio Grande do Sul, obtidos da rede de estações meteorológicas do 8º Distrito de Meteorologia do Instituto Nacional de Meteorologia - MAA (Tabela 1). Utilizou-se dados de temperatura média, média das máximas e das mínimas e precipitação pluvial.

Os índices agroclimáticos usados no

zoneamento foram soma de graus-dia e deficiência hídrica acumulada. Os níveis dos índices agroclimáticos foram estabelecidos com base na análise comparativa entre fenologia-rendimento de grãos-parâmetros de clima, obtidos de experimentos de semeaduras continuadas e de competição de híbridos. Foram analisados dados de rendimento de grãos e de fenologia dos híbridos PIONEER 309 B e PIONEER X 313 (precoces), e SAVE 231 e SAVE 332 (tardios) (BRESOLIN et al., 1977), recomendados pela pesquisa na época, além da informação de outros híbridos, obtida de experimentos conduzidos pelo Instituto de Pesquisas Agronômicas-SAA/RS, nos seguintes locais: Taquari, Encruzilhada do Sul, Santo Augusto, São Borja, Veranópolis, Nova Prata, Osório, Tenente Portela, Santa Rosa, Santa Cruz do Sul, Cruz Alta, Chapada, Não-me-Toque, Lagoa Vermelha e São Gabriel.

A aptidão agroclimática foi avaliada nas épocas de semeadura em 1/8, 1/9, 1/10, 1/11, 1/12 e 1/1. A soma de graus-dia foi obtida pelo método residual dado pelo somatório da diferença entre temperatura média e temperatura base. Foi utilizada a temperatura base de 10 °C no cálculo do acúmulo de graus-dia (BERLATO e SUTILI, 1976). A partir da duração do subperíodo semeadura-espigamento (75% das plantas espigadas com exteriorização de 2 cm dos estigmas), foi calculada a soma de graus-dia para milho, em casos selecionados, nos quais não ocorreram limitações por deficiência hídrica. Foi usado o balanço hídrico segundo THORNTHWAITE e MATHER (1955), empregando-se a capacidade de água disponível de 100 mm. Na elaboração do mapa de deficiência hídrica, usou-se a deficiência hídrica acumulada, que é a deficiência hídrica do mês de florescimento (50 % das plantas com pendão) mais a deficiência do mês anterior e do mês posterior ao de florescimento.

A soma de graus-dia (GD) e a deficiência hídrica acumulada foram calculadas para as

TABELA 1- Regiões Climáticas, localidades, latitudes, longitudes e altitudes das estações meteorológicas usadas no zoneamento agroclimático da cultura de milho para o Estado do Rio Grande do Sul

Região Climática	Localidade	Latitude S	Longitude W	Altitude (m)
Alto Vale do Uruguai	Iraí	27°11'45"	53°14'01"	227
	Marcelino Ramos	27°27'40"	51°54'22"	383
Baixo Vale do Uruguai	São Borja	28°39'44"	56°00'15"	96
	Itaqui	29°07'10"	53°32'52"	53
	Uruguaiana	29°45'23"	57°05'12"	69
Depressão Central	Alegrete	29°46'47"	55°47'15"	116
	Santa Maria	29°41'25"	53°48'42"	138
	Cachoeira do Sul	30°02'45"	52°53'39"	68
	Santa Cruz do Sul	29°43'05"	52°25'45"	56
	Taquari	29°48'15"	51°49'30"	76
	Taquara	29°45'00"	50°45'00"	29
	Porto Alegre	30°01'53"	51°13'19"	10
	Viamão	30°05'00"	50°47'00"	52
Campanha	São Gabriel	30°20'27"	54°19'01"	124
	Santana do Livramento	30°53'18"	55°31'56"	210
	Dom Pedrito	30°58'57"	54°39'56"	140
	Bagé	31°20'13"	54°06'21"	216
Missões	Santiago	29°11'00"	54°53'10"	426
	São Luiz Gonzaga	28°23'53"	54°58'10"	254
	Santo Ângelo	28°18'14"	54°15'52"	289
	Santa Rosa	27°51'50"	54°25'59"	360
	Palmeira das Missões	27°53'55"	53°26'45"	634
Serra do Sudeste	Caçapava do Sul	30°30'32"	53°29'22"	450
	Piratini	31°26'54"	53°06'09"	345
	Encruzilhada do Sul	30°32'35"	52°31'20"	420
Planalto	Cruz Alta	28°38'21"	53°36'34"	473
	Júlio de Castilhos	29°13'26"	53°40'45"	516
	Soledade	29°03'14"	52°26'00"	720
	Passo Fundo	28°15'39"	52°24'33"	678
	Lagoa Vermelha	28°25'35"	51°35'51"	805
Serra do Nordeste	Vacaria	28°33'00"	50°42'21"	955
	Bom Jesus	28°40'10"	50°26'25"	1047
	Guaporé	28°55'44"	51°54'45"	450
	Bento Gonçalves	29°10'00"	51°25'00"	619
	Caxias do Sul	29°10'25"	51°12'21"	740
	São Francisco de Paula	29°20'00"	51°30'21"	912
	Veranópolis	28°56'14"	51°33'11"	705
Litoral	Torres	29°20'34"	49°43'39"	43
	Tapes	30°50'00"	51°35'00"	5
	Pelotas	31°45'00"	52°21'00"	7
	Rio Grande	32°01'44"	52°05'40"	3
	Jaguarão	32°33'32"	53°23'20"	11
	Santa Vitória do Palmar	33°31'14"	53°21'47"	6

localidades referidas na Tabela 1, e seus níveis determinados com base na análise comparativa fenologia-rendimento de grãos-soma de graus dia e fenologia-rendimento de grãos-deficiência hídrica, respectivamente. Foram traçadas isolinhas dos níveis desses parâmetros, definindo as diferentes áreas térmicas e de deficiência hídrica em mapas na escala original de 1:750.000, sendo aqui apresentados em forma reduzida. Da combinação dos índices térmico e de deficiência hídrica originaram-se os índices de zoneamento representados por uma fração (A/B), em que o numerador corresponde ao índice térmico (A) e o denominador ao índice hídrico de deficiência (B). Os menores valores absolutos dos números da fração, por exemplo 1/1, representam as áreas com maior aptidão agroclimática para milho, enquanto, inversamente, os maiores valores absolutos dos números da fração, por exemplo 4/5, representam as áreas com menor aptidão ou maior risco. A representação dos índices de zoneamento nos mapas, através de frações, seguiu o método usado por MALUF (1973), conservando-se, entretanto, parte da nomenclatura de classificação já conhecida no estado através do trabalho de MOTA et al. (1974). Esses índices de zoneamento determinaram a classificação das áreas de aptidão para milho no Rio Grande do Sul.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores de deficiência hídrica encontrados para o estado demonstram que o rendimento de grãos foi limitado pela ocorrência de deficiência hídrica, variando, no entanto, com o grau de deficiência ocorrida. A análise comparativa, rendimento de grãos-níveis de deficiência hídrica, mostrou que, quando não ocorriam deficiências hídricas no período crítico, o rendimento de grãos era freqüentemente superior a 7.000 kg.ha⁻¹, sendo essas regiões classificadas de Preferencial I. Entre 1 a 25 mm de deficiência hídrica os rendimentos ficavam acima de 4.000 kg.ha⁻¹, não raramente atingindo valores até superiores a 6.000 kg.ha⁻¹, sendo essas regiões classificadas de Preferencial II. Entre 25 a 50 mm verificaram-se maiores limitações ao rendimento de grãos, e na maioria dos casos (épocas de semeadura, locais e híbridos) o rendimento de grãos situou-se entre 2.000 e 4.000 kg.ha⁻¹, sendo essas regiões classificadas de Tolerada. Com deficiência hídrica de 50 a 70 mm, o rendimento de grãos foi prejudicado, variando de 500 a 2.000 kg.ha⁻¹, sendo essas regiões classificadas de Marginal. Nos casos em que a deficiência hídrica ultrapassou os 70 mm, o rendimento de grãos foi de 0 a 500 kg.ha⁻¹ nas diversas épocas e locais, sendo essas regiões classificadas como Não Recomendado o Cultivo sem irrigação. Os níveis do índice agroclimático por deficiência hídrica são apresentados na Tabela 2.

TABELA 2 - Deficiência hídrica acumulada usada, como índice hídrico, no zoneamento agroclimático da cultura de milho, nas épocas de semeadura de 1º de agosto, 1º de setembro, 1º de outubro, 1º de novembro, 1º de dezembro e 1º de janeiro, para o Estado do Rio Grande do Sul

Classificação	Índice	Deficiência hídrica acumulada (mm) *
Preferencial I	1	0
Preferencial II	2	1 - 25
Tolerada	3	26 - 50
Marginal	4	51 - 70
Não Recomendado o Cultivo	5	> 70

* Deficiência hídrica acumulada= deficiência no mês do espigamento + deficiência nos meses anterior e posterior ao espigamento (compreendendo três meses do ciclo da cultura).

No zoneamento de milho elaborado por MOTA et al. (1974) foram estabelecidos níveis de deficiência hídrica, durante o período de setembro a maio, classificando como Preferenciais as regiões que apresentam deficiência hídrica igual a 0 mm; Toleradas àquelas que apresentam deficiência até 50 mm; Marginais àquelas que apresentam deficiência maior que 50 mm. Os níveis de

deficiência hídrica usados neste trabalho são semelhantes aos do presente zoneamento.

Na determinação do índice térmico, procedeu-se de forma semelhante à usada para determinar os níveis do índice hídrico. A análise possibilitou o estabelecimento dos níveis do índice agroclimático soma de graus-dia, apresentados nas Tabelas 3 e 4.

TABELA 3 - Soma de graus-dia usada, como índice térmico, no zoneamento agroclimático da cultura de milho para o Estado do Rio Grande do Sul, nas épocas de semeadura de 1º de setembro, 1º de outubro, 1º de novembro, 1º de dezembro e 1º de janeiro

Classificação	Índice	Soma de graus-dia (GD) *
Preferencial I	1	> 800
Preferencial II	2	700 - 800
Tolerada	3	650 - 700
Não Recomendado o Cultivo	4	< 650

* Soma de graus-dia considerada da semeadura ao espigamento (75 % das plantas espigadas com exteriorização de 2 cm dos estigmas).

TABELA 4 - Soma de graus-dia usada, como índice térmico, no zoneamento agroclimático da cultura de milho, na época de semeadura de 1º de agosto, para o Estado do Rio Grande do Sul

Classificação	Índice	Soma de graus-dia (GD)*
Preferencial I	1	> 900
Preferencial II	2	850 - 900
Tolerada	3	800 - 850
Não Recomendado o Cultivo	4	< 800

* Soma de graus-dia considerada da semeadura ao espigamento (75 % das plantas espigadas com exteriorização de 2 cm dos estigmas).

Não foi estabelecido um índice superior por excesso térmico, por não existir quantificação, no estado, de temperatura que compromettesse o desenvolvimento e o rendimento de grãos de milho, apesar de algumas regiões do estado apresentarem, esporadicamente, temperaturas diurna e noturna elevadas, nos meses de novembro, dezembro e janeiro, provocando possível estresse térmico, e conseqüentemente, queda no rendimento de grãos. FERRAZ (1966) cita a temperatura de 41 °C como a temperatura máxima para crescimento do milho. No Rio Grande do Sul, raras vezes a temperatura máxima atinge tais valores, e em poucos locais (MACHADO, 1950). A temperatura média no estado varia de 14,4 °C a 20,1 °C, e a máxima de 20,3 °C a 28,8 °C (INSTITUTO DE PESQUISAS AGRONÔMICAS, 1989). Desta maneira, as áreas Preferenciais I foram consideradas acima de 800 GD, para as semeaduras de 1/9 a 1/1, e acima de

900 GD para a semeadura de 1/8.

Verificou-se que o rendimento de grãos não foi limitado por soma de graus-dia acima de 700 GD, adotando-se, dessa maneira, este limite para separar as áreas Preferenciais das áreas Toleradas, com exceção da época de 1/8, em que este valor corresponde a 850 GD de acúmulo térmico, devido a riscos por baixa temperatura. Nesta situação, o nível 3 do índice térmico estabelece a separação entre a região Tolerada e a Não Recomendado o Cultivo. A soma de graus-dia entre 650 GD e 700 GD corresponde a regiões frias de altitude, ocorrendo um aumento no número de dias para atingir o espigamento. Em alguns anos, nestes locais, ocorreram danos por geadas outonais e atrasos na maturação e na colheita, comprometendo o rendimento de grãos, especialmente em épocas tardias. No entanto, em épocas de semeadura normais para a região, foram obtidos altos

rendimentos. Verificou-se, também, que quando a soma de graus-dia era menor do que 650 GD, a germinação era mais lenta, o que causava perda de sementes, com redução da população de plantas. O crescimento das plantas de milho era mais lento, aumentando a duração dos subperíodos e atrasando a colheita. Estes locais apresentam restrições devido

a risco por geadas e período favorável de semeadura reduzido, o que determina uma taxa de risco mais elevada, sendo classificados como Não Recomendado o Cultivo. Este fato coincide com os zoneamentos de milho elaborados por MOTA et al. (1974) e MALUF et al. (1986).

Na Tabela 5, são apresentados os índices de

TABELA 5 - Classificação das zonas de aptidão, por índices de zoneamento{ (A/B : (A) soma de graus-dia/(B) deficiência hídrica acumulada}, para a cultura de milho, em diferentes épocas de semeadura, no Estado Rio Grande do Sul

Classificação	Índice de Zoneamento A / B					
	Época de semeadura					
	agosto	setembro	outubro	novembro	dezembro	janeiro
Preferencial I	1/1; 1/2	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1
Preferencial II	2/1	1/2; 2/1	1/2; 2/1	1/2; 2/1	1/2; 2/1	1/2; 2/1; 2/2
Tolerada	1/3; 2/2; 2/3	1/3; 2/2; 2/3	2/2; 1/3; 2/3	2/2; 1/3; 2/3	1/3	1/3; 2/3
Marginal	3/1	3/1; 3/2; 1/4; 2/4; 3/3; 3/4	3/1; 3/2; 1/4; 2/4; 3/3	1/4; 3/1	1/4; 3/1	1/4; 3/1; 3/2
Não Recomendado o Cultivo	3/2; 3/3; 4/1; 4/2; 4/3	2/5; 4/1; 4/2; 4/3	1/5; 4/1; 4/2	1/5; 4/1	1/5; 4/1	1/5; 4/1; 4/2

zoneamento (A/B) que classificaram as áreas de aptidão, nas épocas de semeadura de 1/8, 1/9, 1/10, 1/11, 1/12 e 1/1. A espacialização dos índices é apresentada em mapas, nas Figuras 1 a 6, respectivamente, por épocas de semeadura. A

Figura 7 representa as Regiões Climáticas do estado, criadas por ARAÚJO (1930) citado por MACHADO (1950), usadas como apoio na apresentação dos resultados.

As Figuras 1 a 6 representam as áreas com

PESQ. AGROP. GAÚCHA, v.6, n.1, p.39-54, 2000

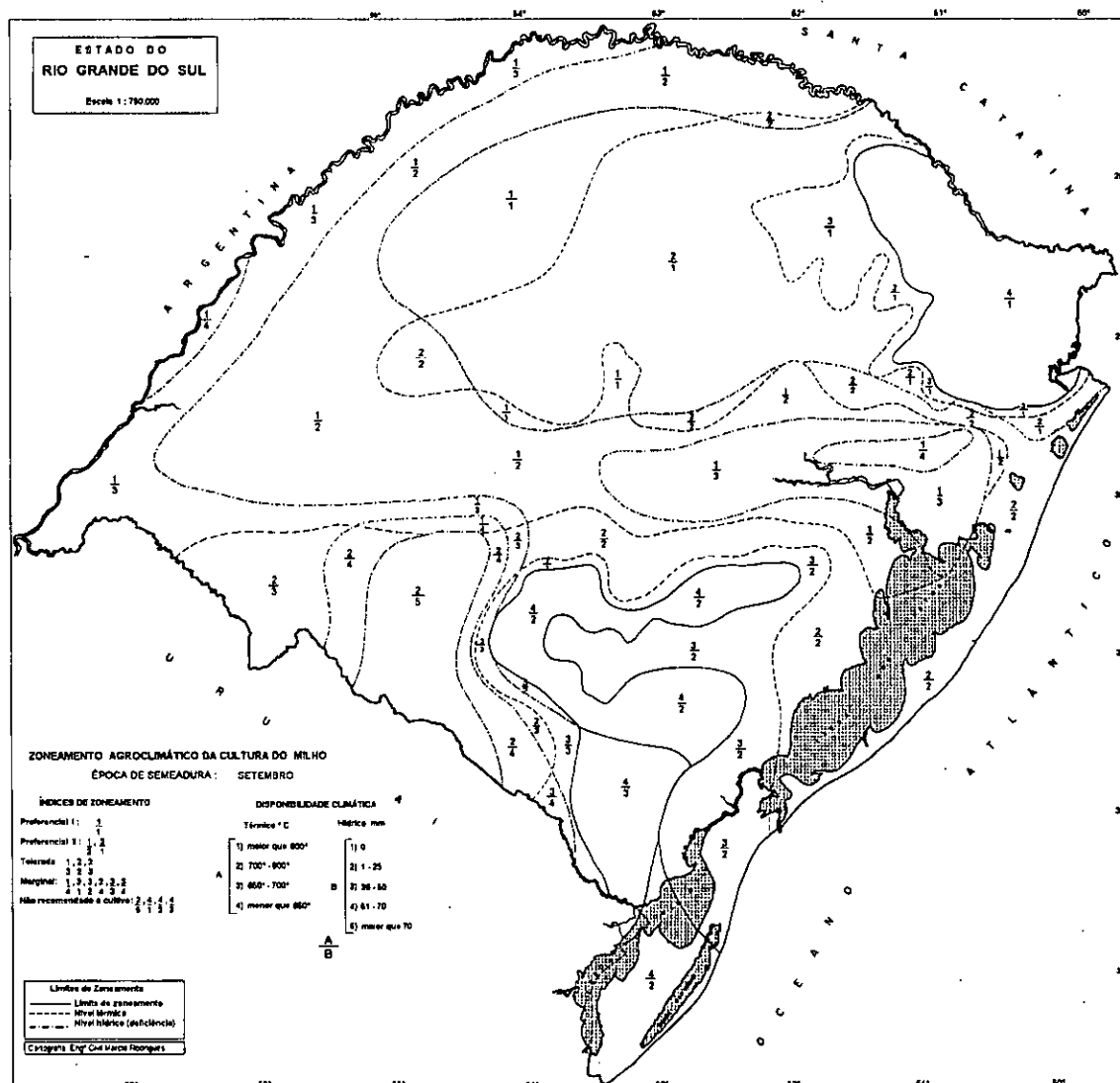


FIGURA 2. Zoneamento agroclimático da cultura de milho no Estado do Rio Grande do Sul na época de semeadura centralizada em 1º de setembro.

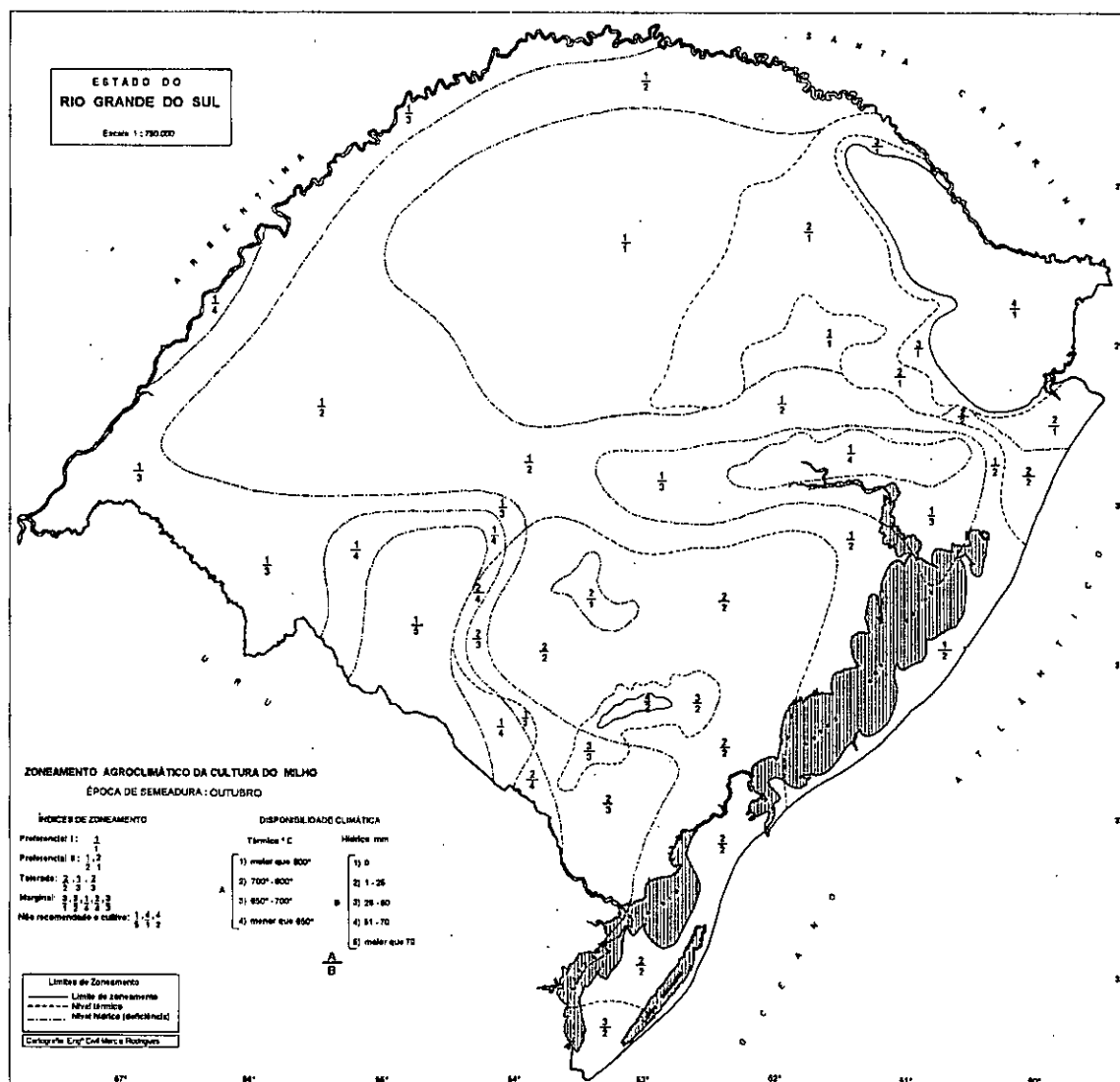


FIGURA 3. Zoneamento agroclimático da cultura de milho no Estado do Rio Grande do Sul na época de semeadura centralizada de 1º outubro

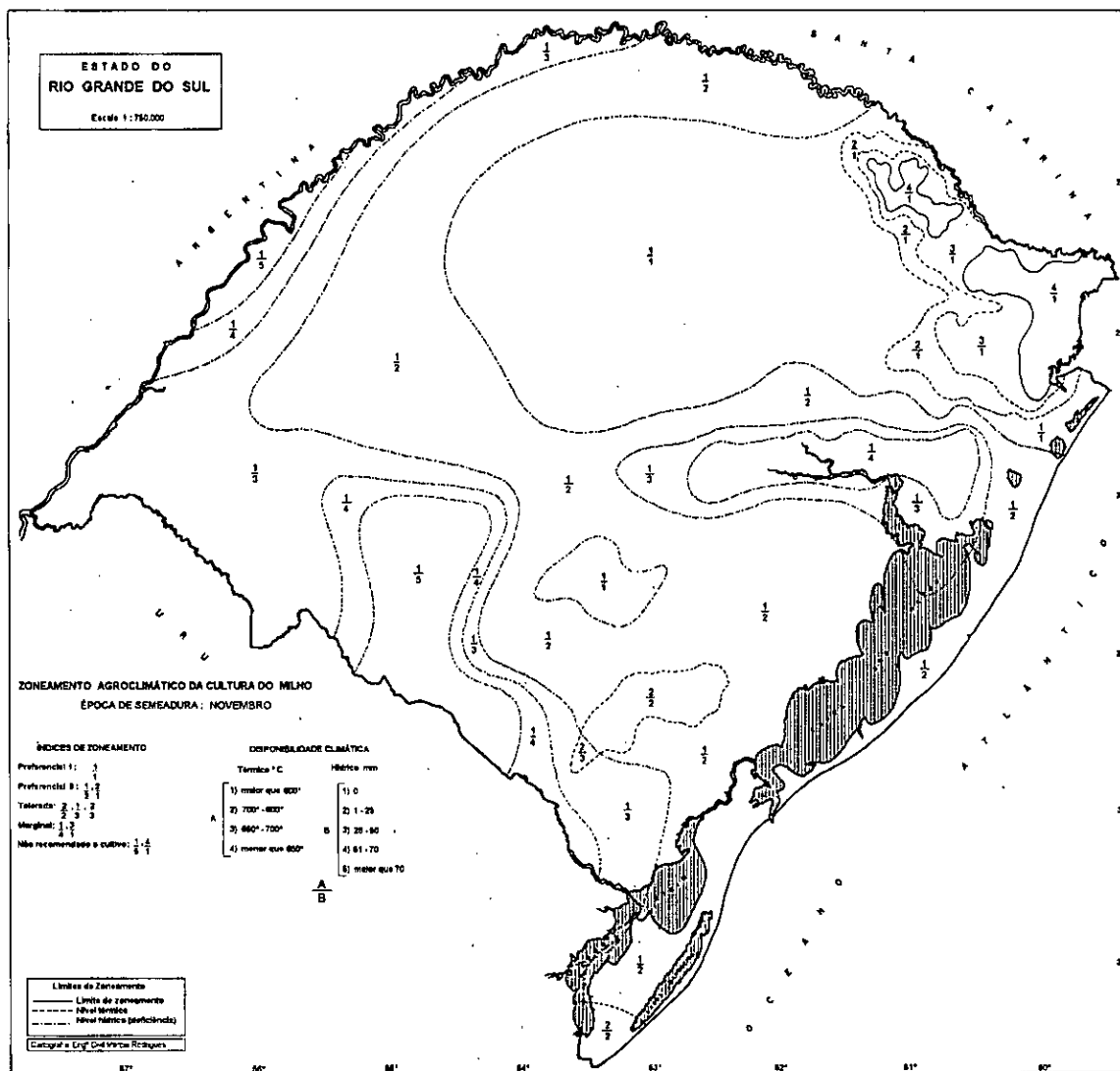


FIGURA 4. Zoneamento agroclimático da cultura de milho no Estado do Rio Grande do Sul na época de semeadura centralizada de 1º novembro

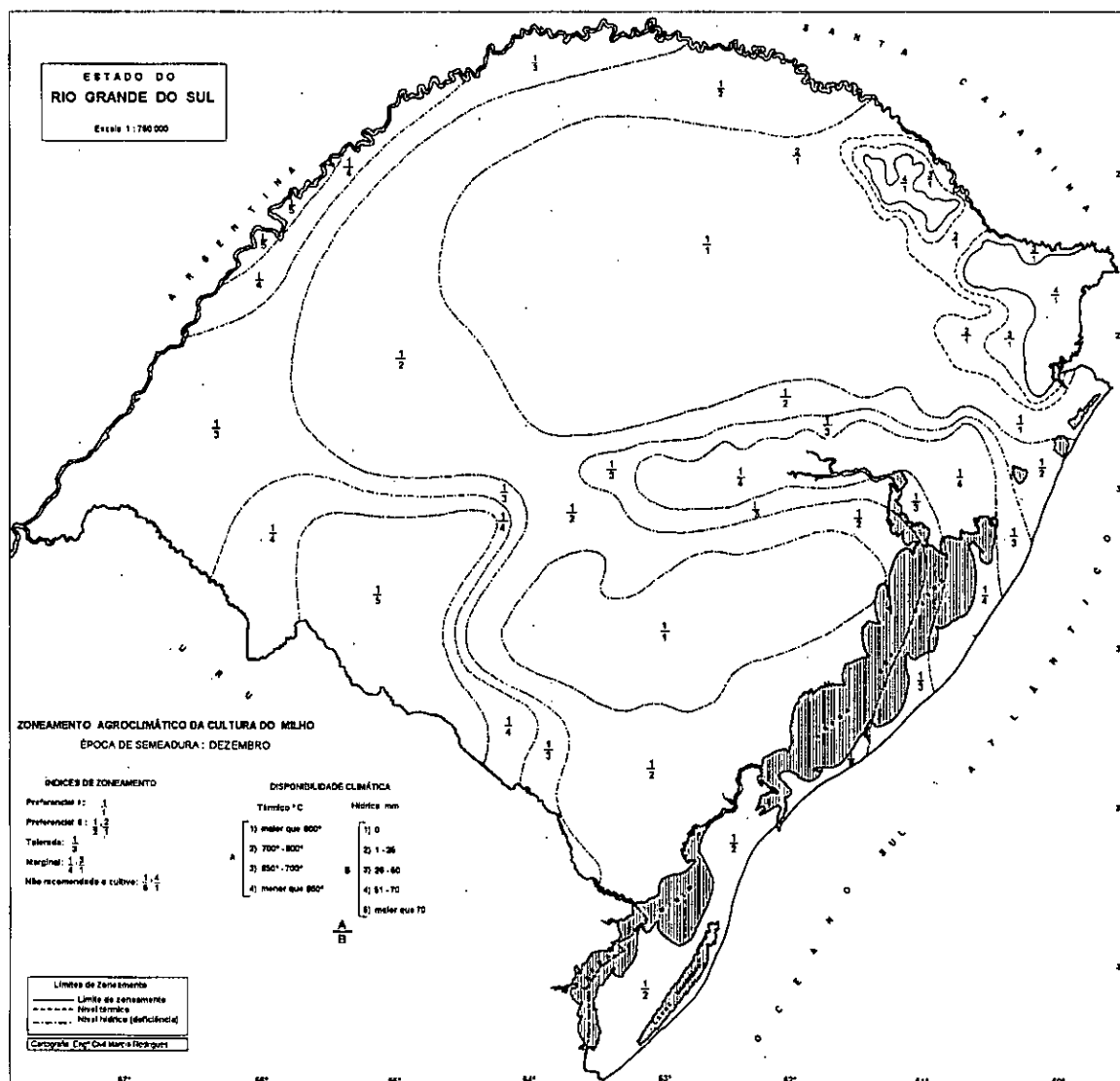


FIGURA 5. Zoneamento agroclimático da cultura de milho no Estado do Rio Grande do Sul na época de semeadura centralizada de 1º dezembro

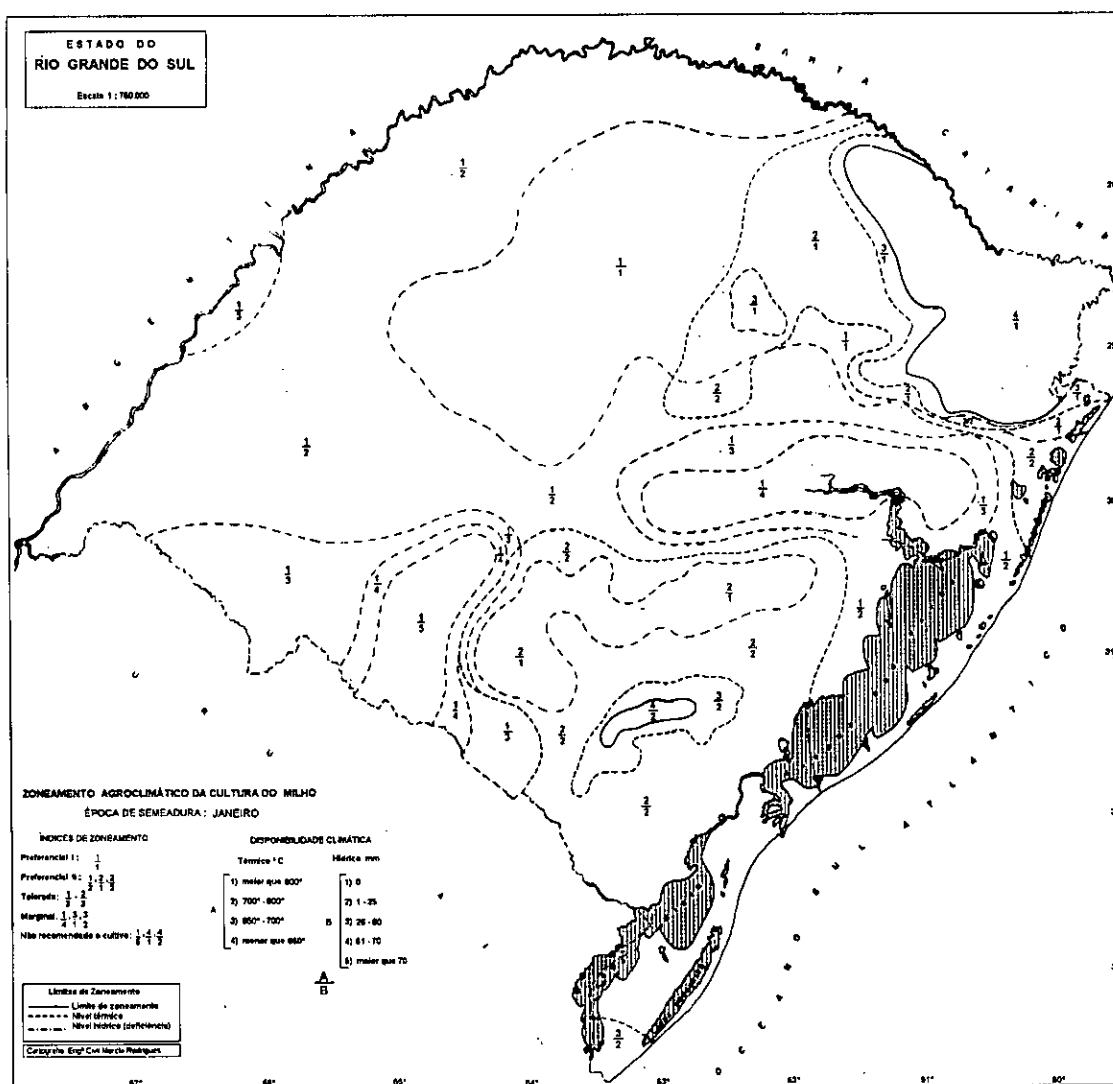


FIGURA 6. Zoneamento agroclimático da cultura de milho no Estado do Rio Grande do Sul na época de semeadura centralizada de 1º janeiro

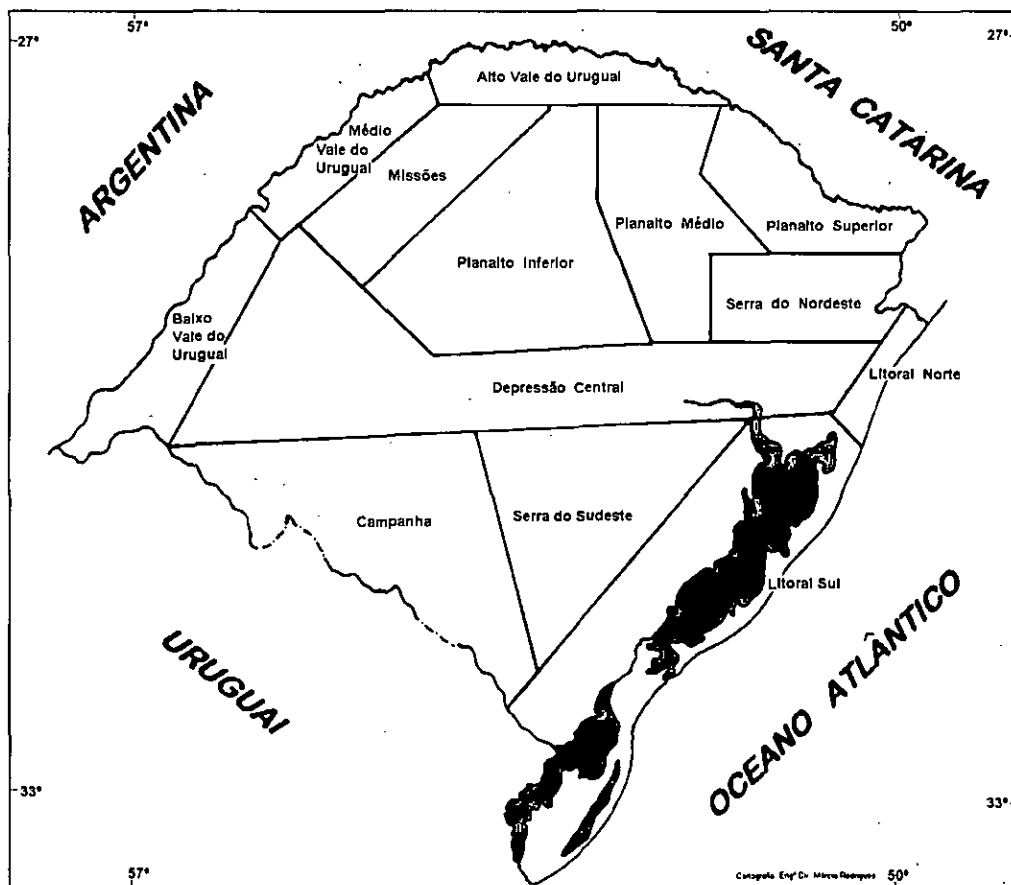


FIGURA 7. Regiões climáticas do Estado do Rio Grande do Sul, segundo ARAÚJO (1930), modificado por MALUF (2000) (Inédito).

aptidão potencial para a cultura do milho no estado, nas seis épocas de semeadura consideradas. Comparando-se as figuras verifica-se que a abrangência das áreas, com potencial de aptidão para o milho no Rio Grande do Sul, variam com a época de semeadura e com as disponibilidades climáticas de cada região. Os resultados demonstram que as regiões com maior potencial para o milho no estado, são as do Planalto, Serra do Nordeste, Serra do Sudeste e o Alto Vale do Uruguai, por serem as regiões com maiores disponibilidades hídricas, o que coincide com os resultados de MOTA et al. (1974) e MALUF et al. (1986). No entanto, como são regiões de altitude, observa-se pelos mapas de zoneamento (Figuras 1 a 6), que as semeaduras nestas regiões não se iniciam no mesmo período, pois a distribuição temporal da temperatura não é a mesma, o que as diferencia, demonstrando o acerto em realizar-se o zoneamento por épocas de semeadura. As regiões do Médio e Baixo Vale do Uruguai, Missões, Depressão Central, Litoral Sul e Campanha, são regiões que apresentam potencial para o milho, entretanto, são as que apresentam maiores valores de deficiência hídrica. Dessa maneira o potencial para o milho varia com a disponibilidade hídrica, gerando uma diferenciação no risco por deficiência hídrica, com variação anual de intensidade, e desta maneira o uso de irrigação pode ser necessário, variando de esporádico a freqüente, ou até desnecessário em alguns anos. Estas regiões ou épocas, com a utilização de irrigação, podem passar à classificação Preferencial. MOTA et al. (1974) refere que nestas regiões a utilização da irrigação pode não ser necessária em todos os anos, sendo de eventual a freqüente. Comparando-se o mapa elaborado por MOTA et al. (1974), com os mapas resultantes nesse trabalho, verifica-se que existe semelhança, em algumas épocas de semeadura, entre as áreas delimitadas pelos dois zoneamentos.

Considerando-se os índices adotados, a seleção para indicação de áreas com potencial para cultivo de milho no estado deve levar em conta, ainda, os diferentes aspectos do fator edáfico, como capacidade de retenção de água, teor de argila e uso potencial dos solos. O risco por baixas temperaturas, nos meses de julho e agosto e na 1ª quinzena de setembro, é outro aspecto a considerar, principalmente nas regiões de altitude como Planalto e Serra do Nordeste, pois dentro da média podem ocorrer anos em que se verifiquem danos causados

por geadas.

CONCLUSÕES

- O Rio Grande do Sul apresenta, em sua maior parte, aptidão preferencial para cultivo de milho, encontrando-se ainda áreas Toleradas, Marginais e onde Não é Recomendado o Cultivo.
- A aptidão agroclimática para milho, baseada nos índices adotados, varia em função de épocas de semeaduras e regiões.
- As maiores limitações à cultura de milho no Rio Grande do Sul são impostas por deficiência hídrica, que ocorrem normalmente no sudoeste e sudeste do estado, nas regiões climáticas da Campanha, Baixo e Médio Vale do Uruguai, Litoral Sul, na parte sul da Serra do Sudeste e em parte da Depressão Central.
- As melhores condições hídricas, para a cultura de milho, ocorrem ao norte do estado, nas regiões do Planalto, Alto Vale do Uruguai e Serra do Nordeste.
- As regiões do estado que apresentam limitações por deficiência hídrica, com uso de irrigação, passam a ser classificadas pela qualificação do índice térmico.
- As limitações por baixa disponibilidade térmica ocorrem nas regiões de maior altitude, no nordeste do estado, variando suas áreas de abrangência com as épocas de semeadura, e na época de semeadura de 1/8, ocorre também, grande área com limitações por baixa disponibilidade térmica na metade sul do estado.
- A maior abrangência de áreas com aptidão Preferencial ocorre na época de semeadura centralizada em 1º de dezembro.

BIBLIOGRAFIA CITADA

- ARAUJO, L.C. de. **Memórias sobre o clima do Rio Grande do Sul**. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura, Indústria e Comércio, 1930, 101p.
- ÁVILA, A.M.H. **Regime de precipitação pluvial no Estado do Rio Grande do Sul com base em séries de longo prazo**. Porto Alegre: UFRGS, 1994. 75 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia). Programa de Pós-graduação em Agronomia. Faculdade de Agronomia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1994.
- BERLATO, M.A. As condições de precipitação pluvial no Estado do Rio Grande do Sul e os impactos das estiagens na produção agrícola. In: BERGAMASCHI, H. (Coord.) **Agrometeorologia aplicada à irrigação**.

- Porto Alegre: Editora da Universidade/ UFRGS. 1992. p.11-23.
- BERLATO, M.A.; MATZENAUER, R.; SUTILI, V.R. Relação entre temperatura e o aparecimento de fases fenológicas do milho (*Zea mays* L.). 1984.
- BERLATO, M.A. & SUTILI, V.R. Ecologia do milho: II - Determinação das temperaturas bases dos subperíodos emergência-pendoamento e emergência-espigamento de 3 cultivares de milho (*Zea Mays*, L.) 7f. 1976. (Mimeografado)
- BERLATO, M.A.; SUTILI, V.R.; CASTRO, A.C. Comparação de três métodos de cálculo das exigências térmicas para o espigamento de milho (*Zea mays* L.). **Agronomia Sulriograndense**, Porto Alegre, v.17, n. , p. 21-26, 1974.
- BERLATO, M.A. & FONTANA, D.C. Variabilidade interanual da precipitação pluvial e rendimento da soja no Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**. Santa Maria, v.7, n.1, p.119-125, 1999.
- BRESOLIN, M.; GUADAGNIN, J.P.; BARNI, V.; SILVA, L.C.M.; DAVID, I.K.; COLÔNIA, V.J. Híbridos de milho recomendados para o Estado do Rio Grande do Sul. **IPAGRO informa**, Porto Alegre, n. 17, p.21-26, 1977.
- BROWN, D.M. Heat units for corn in southern Ontario. Washington, D.C., Department of Agriculture Food. **Information Leaflet**, Agedex III/31. April. 1970.
- CAMARGO, A.P. Viabilidade e limitações climáticas para a cultura do milho no Brasil. In: **Cultura e Adubação do Milho**. São Paulo, Instituto Brasileiro de Potassa, 1966. p. 225-248.
- CUNHA, G.R. da; HAAS, J.C.; DALMAGO, G.A.; PASINATO, A. Perda de rendimento potencial em soja no Rio Grande do Sul por deficiência hídrica. **Revista brasileira de agrometeorologia**. Santa Maria, v.6, n.1, p.111-119, 1998.
- FERRAZ, E.C. Fisiologia. In: **Cultura e adubação do milho**. São Paulo: Instituto Brasileiro de Potassa, 1966. p. 369-379.
- GILMORE Jr., E.C. & ROGERS, J.S. Heat units as a method of measuring maturity in corn. **Agronomy Journal**, Madison, v.50, n.10, p.611-615, 1958.
- INSTITUTO DE PESQUISAS AGRONÔMICAS. **Atlas agroclimático do Estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Pallotti, 1989. 3v.
- KISH, A.J. South Carolina growing degree-days. South Carolina, Agricultural Experiment Station. **Agricultural Weather Research**, Series, 3. 1964. 28p.
- LANA, E.P. & HABER, E.S. The value of the degree-hour summation system for estimating planting schedules and harvest dates with sweet corn in Iowa. **Iowa States College Journal of Science**, Iowa, v.26, n.1, p.99-109. 1951.
- MACHADO, F.P. **Contribuição ao Estudo do clima do Rio Grande do Sul**. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1950. 91p.
- MALUF, J.R.T. **Zonificação ecológica de *Araucária angustifolia* (Bert.) O. Ktze. e *Eucalyptus saligna* Sm. para Nicarágua**. Turrialba: IICA, 1973. 154p. Dissertação (Magister Scientiae) - Ecologia Florestal, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA. 1973.
- MALUF, J.R.T.; MATZENAUER, R.; WESTPHALEN, S.L.; CUNHA, G.R. da; SUTILI, V.R. Zoneamento agroclimático da cultura do milho (*Zea mays* L.) para o Estado do Rio Grande do Sul. **Agronomia Sulriograndense**, Porto Alegre, v.22, n.2, p.261-285, 1986.
- MATZENAUER, R. & SUTILI, V.R. A água na cultura do milho. **IPAGRO Informa**, Porto Alegre, n.26, p.17-32. 1983.
- MATZENAUER, R.; BERGAMASCHI, H.; BERLATO, M.A.; MALUF, J.R.T. Evapotranspiração da cultura do milho. I - Efeito de épocas de semeadura. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**. Santa Maria, v.6, n.1, p. 9-14, 1998a.
- MATZENAUER, R.; BARNI, N.A.; MACHADO, F.A.; ROSA, F.S. Análise agroclimática das disponibilidades hídricas para a cultura da soja na região do Planalto Médio do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**. Santa Maria, v.6, n.2, p. 263-275. 1998b.
- MOTA, F.S. da. O clima do Rio Grande do Sul em relação ao rendimento do milho. **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, n.141, p.33-38. 1958.
- MOTA, F.S. da; BEIRSDORF, M.I.C.; ACOSTA, M.J.C.; MOTTA, W.A.; WESTPHALEN, S.L. **Zoneamento agroclimático do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. Pelotas, IPEAS, 1974. v.2. 122p. (Circular, 50).
- MOTA, F.S. da; AGENDES, M.O. de O.; BAPTISTA, da SILVA, J. Risco de secas para a cultura da soja em diferentes regiões climáticas e tipos de solo do Rio Grande do Sul. **Lavoura Arrozeira**. Porto Alegre, v. 44, n. 394, p. 11-30, 1991.
- MOTA, F.S. da; AGENDES, M.O. de O.; ALVES, E.G.P.; SIGNORINI, E. Análise agroclimatológica da necessidade de irrigação da soja no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.4, n.1, p.133-138, 1996.
- THORNTHWAITE, C.W. & MATHER, J.R. The water balance. **Publications in Climatology**, 1955, v.3, n.10, 104 p.
- VERDADE, F. da C.; DIAS, C.A.C.; SILVA, G.L.S.P. da; ROCHA, R.L. da; MELLO, M.R.H. de; VICTOR, M.A.M. **Zoneamento agrícola do Estado de São Paulo**. São Paulo, Secretaria da Agricultura v. 2. 1974.

EFEITOS REESTRUTURANTES DA CULTURA DO ARROZ NA ECONOMIA AGRÍCOLA DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL, BRASIL

ABEL CIRO MINETTI IGREJA; EVELY GISCHKOW RUCATTI; BENEDICTO DO ESPÍRITO SANTO DE CAMPOS

RESUMO - O presente trabalho trata de mudanças alocativas na produção de arroz no Rio Grande do Sul para o período 1970-96. Foi possível obter, dentre outros indicadores, através de método estatístico descritivo, envolvendo análise interrelacionada de proporções no uso da terra, o Índice de Remanejamento (IR) e o Impacto do Efeito-Substituição do Arroz (IESArroz) para o Estado do Rio Grande do Sul. Os resultados, que incorporam as tendências do censo agropecuário de 1995-96, deram suporte às hipóteses básicas e específicas, formuladas neste trabalho. O Índice de Remanejamento (IR), uma "proxy" da taxa de crescimento da agropecuária, decresceu ao longo do tempo, em um movimento aparentemente pró-cíclico, mas que deve estar refletindo o aumento da produtividade agrícola, bem como, o deslocamento da geração e agregação de valores ao longo de uma cadeia produtiva, para além das atividades agrícolas. Assim, a lavoura do arroz foi envolvida, de modo cada vez mais acentuado, por complexos agroindustriais ligados ou não a cooperativas, bem como a sistemas institucionais, que, em última análise, propiciaram um ambiente favorável para transformações em escala, complexidade e escopo da atividade arrozeira no Rio Grande do Sul. Os impactos do efeito-substituição do arroz (IEArroz), ao longo dos períodos analisados, refletem mudanças alocativas, que se tornam visíveis quando obtidos por estrato de área dos agricultores riograndenses. Esta forma de tratar a questão alocativa da cultura do arroz passa a ser importante a partir do peso específico dessa atividade na economia do Estado do Rio Grande do Sul. A produção em massa, uma característica encontrada nos padrões europeus e norte-americanos, conhecidos como "fordistas", ou seja, quantidades crescentes são produzidas em bases concentradas e escalas crescentes, em um número reduzido de unidades produtivas agrícolas e de processamento industrial, vem se tornando também um padrão da produção de arroz no Rio Grande do Sul. Entretanto, a inevitável segmentação da demanda observada mais recentemente, como tendência, que se opõe à produção massiva, é uma característica comandada nos padrões da demanda que podem alterar, de modo significativo, a conformação da produção de arroz no Estado do Rio Grande do Sul.

Palavras-chave: Cultura do arroz, economia regional, reestruturação econômica.

RESTRUTURING EFFECTS OF RICE CULTURE ON THE AGRICULTURAL ECONOMY OF RIO GRANDE DO SUL STATE, BRAZIL

ABSTRACT - This paper deals with allocative changes in the production of rice in the State of Rio Grande do Sul, Brazil, during the period 1970-1996. Therefore, it was possible to obtain, through a descriptive statistical method, that involves interconnected analyses of proportions of land use, among other indicators, the Dislodgement Index (DI) and the Rice Allocative Effect (RAE). Results, that embody recent structural changes surveyed in the agricultural census of 1995-96, support either basic and specific hypotheses formulated in this paper. The Dislodgement Index (DI), a proxy indicator for agricultural output growth rate, decreased along time, a movement apparently of pro-cyclical content. Although, it has to be put in perspective with yield increases in agricultural production as well as with changes of relative weights in all the links of the production chain, that must have been increasing participation of processing industries, services sector and so on. Therefore, rice production has been increasingly netted by agribusiness links and by systems of institutional support that made it possible to generate changes, in an environment that helped increase scale, complexity and scope for rice production in Rio Grande do Sul. The trends observed for results obtained regarding RAE in the analysed periods reflected allocative changes, once farmers privileged investment decision in favour of rice, making that activity one of important specific weight in the economy of State of Rio Grande do Sul, and stabilizing the original impacts of soybeans, that has "migrated" to midwestern region, on a very concentrated farm size structure. The expansion of rice in State of Rio Grande do Sul was, for its turn, highlighted as a phenomenon occurred largely on bigger farms. Mass production, found in Europe and in the United States, called "fordism", that consists in a increasing concentration in a reduced number of agricultural and processing units, on larger scale of operation, has been a new tendency for rice production in State of Rio Grande do Sul. However, even larger scales cannot avoid the increasing segmenting trend in demand, patterns that have been observed more recently, as opposite to the mass production. It is the so-called demand-pull influence, that may significantly alter the conformation of rice production in State of Rio Grande do Sul.

¹ O censo agropecuário 1995-96 não fornece o universo de estabelecimentos especializados, considerados assim por concentrarem a maior parte da formação de sua renda com o arroz. Dessa forma, os indicadores de especialização da tabela 09 ficaram defasados. Recebido para publicação em 12/04/1999.

INTRODUÇÃO

A cultura do arroz no Rio Grande do Sul assumiu características bastante diferenciadas em relação aos outros pólos de produção do País, dinamizando o setor agropecuário riograndense no momento em que a soja, já a partir do final da década de 70, teve sua expansão atenuada, migrando para a região Centro-Oeste. Esta região, novo centro produtor de grãos no País, vem apresentando, quanto à produção de arroz, a tendência de consolidar bolsões altamente especializados, nos quais até mesmo variedades adaptadas à irrigação têm sido recentemente lançadas, em contraposição ao tradicional comportamento cíclico de uma rizicultura de sequeiro, atrelada à formação/reforma de pastagens. Entretanto, esta evolução recente da rizicultura da região Centro-Oeste, ao contrário do que ocorreu com a soja, tem encontrado barreiras de diversas ordens para integrar-se no mercado nacional. Já a rizicultura riograndense se impôs nacionalmente, não só por sua produção em larga escala (o Rio Grande do Sul participa com quase a metade da produção nacional) mas, sobretudo, pela crescente preferência dos consumidores pelo produto riograndense (o “arroz agulhinha”), além de ter maior facilidade relativa de acesso aos grandes centros consumidores do País.

O caráter reestruturante da produção do arroz, na estrutura econômica do Rio Grande do Sul, é visível pelo impacto acentuado, que um complexo agroindustrial altamente articulado e dinâmico, envolvendo desde as indústrias de máquinas agrícolas e equipamentos de irrigação até as indústrias de beneficiamento e processamento do arroz, exerce sobre o espaço econômico regional, com significativos efeitos multiplicadores sobre a renda e emprego, que superam as fronteiras riograndenses.

Objetivos

O presente trabalho tem por objetivo analisar quantitativamente o impacto reestruturante da cultura do arroz sobre a economia agrícola do Rio Grande do Sul, a partir da década de 70.

Trata-se de enquadrar, de modo dinâmico, a evolução da cultura do arroz em relação a um conjunto de outras atividades agropecuárias e usos da terra. Para tanto, é objetivo-meio do presente trabalho privilegiar a análise de variáveis estruturais

com forte correlação com aspectos físicos da produção, como os fundiários, de remanejamentos de áreas, de impactos das variações sobre a estrutura pré-existente, e assim por diante.

Finalmente, a quantificação de graus de remanejamento das áreas agrícolas, ou seja, uma associação estabelecendo valores numéricos para os graus de remanejamento de áreas, obtidos para diferentes períodos, é um outro indicador a ser analisado de modo privilegiado no presente trabalho.

Hipóteses

A hipótese básica deste trabalho diz respeito à percepção da viabilidade da lavoura do arroz, por parte dos produtores riograndenses, como atividade viável, frente a outras alternativas de produção agropecuária, sejam ou mesmo as marcadas por acentuado dinamismo, dentre as quais a soja, seja de atividades mais tradicionais, como a pecuária de corte e a ovinocultura, por exemplo. A estrutura econômica e institucional, que se formou em torno da atividade, contribuiu sobremaneira para a evolução dessa percepção, consubstanciando decisões de investimentos ao longo de toda a cadeia produtiva e, em especial, na fase agrícola.

Derivada desta hipótese central, parte-se também para uma outra, a de que as escalas de operação da lavoura de arroz devem estar aumentando ao longo do tempo, gerando o que é comum se denominar de “economias de escala”.

Finalmente, para os valores obtidos para os graus de remanejamento de áreas, espera-se que os mesmos possam ser relacionados às fases específicas do desenvolvimento agrícola/agroindustrial e, até mesmo, aos ciclos mais abrangentes da economia regional e nacional.

Métodos

A análise conjunta do remanejamento de áreas e do impacto da substituição, entre as diferentes atividades e/ou usos do solo para diferentes tamanhos de estratos de área dos estabelecimentos rurais, regiões, estados, e para o País, permite estabelecer os contornos do desenvolvimento econômico, com ênfase sobre a reestruturação espacial, alocativa e setorial.

No presente trabalho, foi construído o Índice de Remanejamento (IR) e obtiveram-se indicadores do Impacto do Efeito-Substituição da cultura do

arroz bem como para todo o perfil de uso do solo para o estado do Rio Grande do Sul, embora somente o impacto da expansão da rizicultura tenha sido evidenciado. Originalmente proposto por PATRICK (1975), em que o autor estabeleceu 4 (quatro) componentes ou fontes de variação da produção agrícola (área, rendimento, composição da produção e localização geográfica), o modelo foi inicialmente readaptado por ZOCKUN (1978), utilizando somente dados de variação nas áreas cultivadas, para detectar o impacto da expansão da soja no Brasil. Isto também foi utilizado por CAMARGO (1983), para a análise do fenômeno da especialização regional na agricultura paulista. As derivações, com os indicadores propostos no presente trabalho, decorrem das contribuições de IGREJA et al. (1988), IGREJA & YOKOYAMA (1990), IGREJA & CAMARGO (1992), CARDOSO (1995) e CARDOSO, IGREJA & NEVES (1996).

Os dados

Os dados utilizados foram levantados nos censos agropecuários de 1970, 1975, 1980, 1985 e 1995-96, estando, portanto, os períodos de análise delimitados aos intervalos desses anos (1970-1975, 1975-1980, 1980-1985, e e 1985-1996). A unidade geográfica selecionada compreendeu o Estado do Rio Grande do Sul, e os resultados foram analisados por estrato de área dos estabelecimentos rurais. Os dados de utilização da terra foram detalhados com o levantamento das áreas das principais atividades agrícolas, de modo a se ter um quadro da contribuição das principais culturas e/ou usos do solo para o remanejamento de áreas obtido.

Descrição do Modelo

Para facilitar a modelagem, podemos fazer com que cada uma das possibilidades de usos do solo indicadas no parágrafo anterior sejam representados por X_{ij} , onde a notação i se refere a um determinado uso do solo (lavouras, pastagens, reflorestamento etc.) e j é a notação do estrato de área. Assim,

X_{ij0} - é a área da atividade/uso do solo X_i ($i=1-n$), no $j^{\text{ésimo}}$ estrato, no período inicial (0);

X_{ijt} - é a área da atividade/uso do solo X_i ($i=1-n$), no $j^{\text{ésimo}}$ estrato, no $t^{\text{ésimo}}$ período (t);

Tomando-se a área total recenseada de ATR_{t0j} no $j^{\text{ésimo}}$ estrato, período inicial (0), tem-se:

$$TCA_{t0j} = \sum_{i=1}^n X_{ij0}$$

De idêntica forma, para o $t^{\text{ésimo}}$ período, tem-se a ATR_{tij} , ou seja, a Área Total Recenseada no $j^{\text{ésimo}}$ estrato, $t^{\text{ésimo}}$ período

$$(e, TCA_{tij} = \sum_{i=1}^n X_{ijt}).$$

Os procedimentos para se obter componentes da variação na área total recenseada nas análises por estrato ($j = 1$ a 11) e para o Estado do Rio Grande do Sul seguem nos parágrafos abaixo:

A variação na área total recenseada (ATR) no $j^{\text{ésimo}}$ estrato pode ser expresso pelo fator α_j como segue:

$$\alpha_j = ATR_{tij} / ATR_{t0j} \quad (1)$$

Para um determinado uso do solo X_{ij} , a variação total em sua área (quantificada em hectares) pode ser decomposta no Efeito Dimensão do Sistema (EDS) e Efeito Substituição (ES).

O EDS mede a contribuição de uma expansão geral da área total recenseada (considerada aqui como um sistema), em quaisquer níveis de análise (Estado do Rio Grande do Sul, um determinado estrato de área de produtores, uma região, e assim por diante). O EDS capta um efeito que ocorreria se a variação de todas as atividades e/ou usos do solo tivessem exatamente a mesma variação da ATR, sem levar em conta mudanças ocorridas na proporção dos mesmos. Já o ES é uma quantificação da contribuição do grau de substituição, ou seja, do aumento, em proporção (ou diminuição) de uma determinada atividade e/ou uso do solo. Este é o indicador relevante para o presente trabalho, pois é através de sua interpretação para todo o conjunto de dados por tamanho de estabelecimento, bem como para um conjunto de usos do solo, que se buscarão as evidências de mudanças estruturais da cultura do arroz no Rio Grande do Sul, segundo as hipóteses apontadas anteriormente (com ênfase para as economias de escala e especialização dos produtores).

A seguinte expressão abaixo descreve o Efeito Dimensão do Sistema (EDS) para o uso do solo X_i , $j^{\text{ésimo}}$ estrato:

$$EDS_i = \alpha_i X_{0i} - X_{0i} \quad (2)$$

E o Efeito Substituição (ES) é dado por:

$$ES = X_{ti} - \alpha_i X_{oi} \quad (3)$$

Por definição, o total obtido através da soma de (2) e (3) fornece a variação total (VT) no uso do solo X_{ij} , *jésimo* estrato. Ou seja:

$$VT_i = \alpha_i X_{oi} - X_{oi} + X_{ti} - \alpha_i X_{oi} \quad (4)$$

É fácil demonstrar que a soma dos ES é nula. Assim,

$$\sum_{i=1}^n X_{ti} - \alpha_i \sum_{i=1}^n X_{oi} = 0 \quad (5)$$

Mas,

$$X_{ti} = \alpha_i X_{oi} \quad (6)$$

Substituindo (6) em (5), tem-se:

$$\sum_{i=1}^n \alpha_i X_{oi} - \alpha_i \sum_{i=1}^n X_{oi} = 0$$

ou,

$$\alpha_i \sum_{i=1}^n X_{oi} - \alpha_i \sum_{i=1}^n X_{oi} = 0 \quad (7)$$

como queríamos demonstrar.

Isto quer dizer que se i varia de 1 até m , a soma dos efeitos-substituição obtidos para cada um dos usos do solo X_p , no *jésimo* estrato é nula. Esta é, aliás, uma condição inerente ao modelo, por construção, uma vez que o crescimento proporcional em determinado(s) uso(s) do solo (em um conjunto k , que varia de 1 a p) é igual à retração também proporcional em outro(s) uso(s) (em um conjunto $L = p-1$ a m).

Lançando mão da simetria perfeita entre efeitos alocativos positivos e negativos, pode-se operar a soma dos Efeitos-Substituição de mesmo sinal. Com isso obtém-se a seguinte identidade:

$$\sum_{k=1}^p (X_{ijk} - \alpha_i X_{ojk}) = - \sum_{L=p-1}^n (X_{ijL} - X_{ojL}) \quad (8)$$

Ambos os lados dessa equação podem ser identificados como Área Total Disputada (ATD_{*i*}) entre todos os usos do solo considerados, e no *jésimo* estrato. Esta variável pode ser relacionada com a

Área Total Recenseada (ATR_{*j*}) obtendo-se, desse modo, um importante indicador de reconversão agregada de áreas, aqui denominado de Índice de Remanejamento (IR_{*j*}). Pode-se, ainda, estabelecer os valores percentuais do efeito-substituição de cada uso do solo considerado sobre a ATD, obtendo-se, dessa maneira, seu impacto alocativo, que pode ser positivo, nulo ou negativo. Este indicador será denominado Impacto do Efeito-Substituição de um determinado uso do solo X_i (IESX_{*ij*}). Este trabalho focará o impacto do efeito-substituição do arroz (IESArroz), por estrato de área dos estabelecimentos rurais e para o total do Estado do Rio Grande do Sul. De um modo geral, pode-se afirmar que quanto maior o Índice de Remanejamento, maior é a possibilidade de que os impactos mais acentuados dos diferentes usos alternativos do solo agrícola, em geral, e da cultura do arroz, em particular, estejam causando mudanças na base econômica de um determinado estrato de produtores, de uma região ou Estado, dependendo da especificação dos dados. Na análise por estrato, os impactos crescentes da substituição do arroz poderão compor os elementos de comprovação da hipótese formulada no presente trabalho, quanto à prevalência de economias de escala na rizicultura riograndense. O produto entre o Índice de Remanejamento e o Impacto do Efeito-Substituição do Arroz (IR X IESArroz) fornece um novo indicador, qual seja, o Impacto Efetivo do Efeito-Substituição do Arroz (IEESArroz).

No rodapé das tabelas, com os resultados obtidos consta a nomenclatura das variáveis analisadas, de acordo com a metodologia utilizada.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Estrutura Fundiária

Como seria de se esperar para um Estado da região Sul, o Rio Grande do Sul apresenta padrões de concentração fundiária menos pronunciados, em relação aos observados em termos nacionais. Essa característica manteve-se relativamente constante a partir de 1970, sobretudo até 1985, como mostram os indicadores que constam nas tabelas 01 a 03 (Anexo), referentes aos períodos 1970-75, 1975-80 e 1980-85. Os estabelecimentos pertencentes ao estrato de percentil dos 1% maiores mantiveram sua participação na área total recenseada em torno dos 33%; os que se situam no estrato dos 50% menores também apresentaram a mesma tendência, mantendo

relativamente constante, em torno dos 7 a 8%, o que corresponde a sua participação relativa na área total recenseada. O número total de estabelecimentos mostrou uma tendência de crescimento no período, de 471,3 mil em 1975 para 496,6 mil em 1985. Mas no período seguinte (1985-96) é drasticamente

reduzido para 429,4 mil. Neste período, os estabelecimentos maiores, na faixa dos 1% maiores, perdem peso na área total recenseada, para algo em torno dos 30 a 31%. Os 50% menores mantiveram sua participação, entre 7 a 8% na área total recenseada.

Tabela 1. Número de Estabelecimentos Rurais, Área Total Recenseada (ATR) em 1975 e Área Total Disputada (ATD) no Estado do Rio Grande do Sul, no Período 1970 a 75.

Estrato (ha)	No Estabel. Rurais	%	% Acu-mul.	ATR (1.000 ha)	%	% Acu-mul.	ATD (1.000 ha)	%	% Acu-mul.
<10	153735	32,6	32,6	769,0	3,2	3,2	113,2	4,4	4,4
10-20	132213	28,1	60,7	1815,4	7,7	10,9	264,8	10,4	14,8
20-50	120650	25,6	86,3	3545,2	15,1	26,0	538,2	21,1	35,9
50-100	30911	6,6	92,9	2081,7	8,8	34,8	287,3	11,3	47,2
100-200	14773	3,1	96,0	2029,8	8,6	43,4	237,3	9,3	56,5
200-500	11055	2,3	98,3	3413,0	14,4	57,8	354,6	13,9	70,4
500-1000	4609	1,0	99,3	3193,3	13,5	71,3	287,0	11,3	81,7
1000-2000	2286	0,5	99,8	3108,5	13,1	84,4	184,4	7,2	88,9
2000-5000	956	0,2	100,0	2729,1	11,5	95,9	158,5	6,2	95,1
5000-10000	123	0,0	100,0	786,3	3,3	99,2	76,5	3,0	98,1
>10000	14	0,0	100,0	192,5	0,8	100,0	45,4	1,9	100,0
TOTAL	471325	100,0	100,0	23663,8	100,0	100,0	2547,2	100,0	100,0
1% maiores	4713	1	1	7740,8	32,7	-	547,9	21,5	-
5 % maiores	23566	5	5	14044,2	59,4	-	1179,1	46,3	-
10% maiores	47133	10	10	16349,3	69,09	-	1467,5	57,6	-
50% menores	235663	50	50	1893,9	8,0	-	277,3	10,9	-

Fonte: dados básicos do Censo Agropecuário (1970-1975) (IBGE).

Tabela 2. Número de Estabelecimentos Rurais, Área Total Recenseada(ATR) em 1980 e Área Total Disputada (ATD) no Estado do Rio Grande do Sul, no Período 1975 a 80.

Estrato (ha)	No Estabel. Rurais	%	% Acu-mul.	ATR (1.000 ha)	%	% Acu-mul.	ATD (1.000 ha)	%	% Acu-mul.
<10	161141	34,0	34,0	790,1	3,3	3,3	31,1	1,8	1,8
10-20	131825	27,8	61,8	1818,1	7,6	10,9	75,7	4,4	6,2
20-50	115863	24,4	86,2	3411,3	14,2	25,1	167,8	9,8	16,0
50-100	30674	6,5	92,7	2070,7	8,6	33,7	125,6	7,3	23,3
100-200	15367	3,2	95,9	2113,8	8,8	42,5	155,5	9,1	32,4
200-500	11597	2,4	98,3	3590,5	14,9	57,4	287,1	16,7	49,1
500-1000	4804	1,0	99,3	3314,4	13,8	71,2	257,7	15,0	64,1
1000-2000	2320	0,5	99,8	3182,7	13,2	84,4	258,9	15,1	79,2
2000-5000	935	0,2	100,0	2691,8	11,2	95,6	200,2	11,7	90,9
5000-10000	118	0,0	100,0	728,4	3,0	98,6	86,5	5,0	95,9
>10000	16	0,0	100,0	345,8	1,4	100,0	70,6	4,1	100,0
TOTAL	474660	100,0	100,0	24057,6	100,0	100,0	1716,7	100,0	100,0
1% maiores	4747	1	1	7885,3	32,8	-	689,0	40,1	-
5% maiores	23733	5	5	14396,0	59,8	-	1200,9	70,0	-
10% maiores	47466	10	10	16798,3	69,8	-	1366,9	79,6	-
50% menores	237330	50	50	1840,9	7,7	-	74,9	4,4	-

Fonte: dados básicos do Censo Agropecuário (1975-1980) (IBGE).

Tabela 3. Número de Estabelecimentos Rurais, Área Total Recenseada(ATR) em 1985 e Área Total Disputada (ATD) no Estado do Rio Grande do Sul, no Período 1980 a 85.

Estrato (ha)	No Estabel. Rurais	%	% Acu- mul.	ATR (1.000 ha)	%	% Acu- mul.	ATD (1.000 ha)	%	% Acu- mul.
<10	181777	36,5	36,5	875,0	3,7	3,7	46,2	4,2	4,2
10-20	135464	27,3	63,8	1859,3	7,8	11,5	79,2	7,3	11,5
20-50	113108	22,8	86,6	3331,0	14,0	25,5	125,0	11,5	23,0
50-100	30768	6,2	92,8	2075,6	8,7	34,2	69,0	6,3	29,3
100-200	15471	3,1	95,9	2119,1	8,9	43,1	81,3	7,5	36,8
200-500	11754	2,4	98,3	3628,0	15,3	58,4	197,7	18,2	55,0
500-1000	4908	1,0	99,3	3385,9	14,2	72,6	173,7	16,0	71,0
1000-2000	2357	0,5	99,8	3221,9	13,5	86,1	127,9	11,8	82,8
2000-5000	862	0,2	100,0	2478,1	10,4	96,5	95,9	8,8	91,6
5000-10000	94	0,0	100,0	603,4	2,5	99,0	36,1	3,3	94,9
>10000	16	0,0	100,0	244,3	1,0	100,0	55,2	5,1	100,0
TOTAL	496579	100,0	100,0	23821,6	100,0	100,0	1087,2	100,0	100,0
1% maiores	4966	1	1	7676,9	32,2	-	373,0	34,3	-
5% maiores	24829	5	5	14224,3	59,7	-	711,9	65,5	-
10% maiores	49658	10	10	16638,4	69,8	-	799,6	73,6	-
50% menores	248290	50	50	1787,9	7,5	-	85,1	7,8	-

Fonte: dados básicos do Censo Agropecuário (1980-1985) (IBGE).

As características da distribuição da Área Total Disputada (ATD), obtida no presente trabalho, podem indicar possíveis contrastes, como uma eventual propensão a responder às sinalizações de política agrícola (disponibilidade de crédito, preços mínimos, etc) e/ou às mudanças na estrutura econômica de acordo com o tamanho do estabelecimento. No período 1970 e 1975 (TABELA 01, Anexo), a participação dos estratos de estabelecimentos maiores na ATD tende a ser menor (entre 21% e 22%, contra 32% a 33% correspondente de participação na Área Total Recenseada - ATR). Os 50% menores apresentam uma participação maior na ATD (10% a 11%) em relação à sua correspondente participação na ATR, de 7% a 8%. A partir de meados da década de 70, há uma nítida inversão de tendências: os grandes estabelecimentos passam a acumular uma participação na Área Total Disputada (ATD) maior do que sua correspondente participação na Área Total Recenseada (ATR), como evidenciam as tabelas 02 a 04 (Anexo).

A participação relativa da área de arroz entre os estratos de áreas dos estabelecimentos é alterada

ao longo do tempo, com uma diminuição, em mais da metade, da participação dos estabelecimentos de até 200 hectares (de cerca de 55% da ATR, em 1970, para cerca de 25%, em 1996), tendo como contrapartida um acentuado avanço dos estabelecimentos com mais de 200 hectares (de 45% para 75%, no mesmo período). Na estratificação por percentis, verifica-se que nos 1% maiores, a participação da cultura do arroz, que era de cerca de 23% em 1970 (menor que a participação desse estrato na ATR, de 32%), aumenta drasticamente para algo em torno de 39% em 1996 (maior que a sua participação na ATR, de 30%). O estrato formado pelo percentil dos 5% maiores aumenta sua participação de mais da metade para três quartos, entre 1970 e 1996; e o dos 10% maiores, de dois terços para quase 90% da área da lavoura, participações estas bastante superiores aquelas, em que os estabelecimentos rurais situados nesses percentis retêm da ATR. Simetricamente, os 50% menores, que tinham uma participação de cerca de 9% da área da cultura de arroz em 1970 (contra uma participação de 7% a 8% na ATR), reduziram esse percentual para apenas 2% da área da lavoura

Tabela 4. Número de Estabelecimentos Rurais, Área Total Recenseada (ATR) em 1996 e Área Total Disputada (ATD) no Estado do Rio Grande do Sul, no Período 1985 a 96.

Estrato (ha)	No Estabel. Rurais	%	% Acum.	ATR (1.000 ha)	%	% Acum.	ATD (1.000 ha)	%	% Acum.
<10	150679	35,2	35,2	743,4	3,4	3,4	123,2	5,5	5,5
10-20	118205	27,5	62,7	1636,7	7,5	10,9	254,5	11,4	16,9
20-50	99146	23,1	85,8	2929,8	13,4	24,3	419,5	18,6	35,5
50-100	27554	6,4	92,2	1861,9	8,5	32,8	201,6	9,0	44,5
100-200	14349	3,3	95,5	1974,2	9,1	41,9	182,4	8,1	52,6
200-500	11600	2,7	98,2	3572,7	16,5	58,4	314,3	14,0	66,6
500-1000	4778	1,1	99,3	3268,2	15,0	73,4	216,6	9,7	76,3
1000-2000	2234	0,5	99,8	3049,4	14,0	87,4	219,1	9,8	86,1
2000-5000	753	0,2	100,0	2123,4	9,7	97,1	206,1	9,2	95,3
5000-10000	69	0,0	100,0	436,2	2,0	99,1	39,4	1,8	97,1
>10000	16	0,0	100,0	205,1	0,9	100,0	64,9	2,9	100,0
TOTAL	429383	100,0	100,0	21801,0	100,0	100,0	2241,6	100,0	100,0
1% maiores	4294	1	1	6649,8	30,5	-	584,9	26,1	-
5% maiores	21469	5	5	12932,8	59,3	-	1086,1	48,5	-
10% maiores	42938	10	10	15246,8	69,9	-	1309,7	58,4	-
50% menores	214692	50	50	1629,7	7,5	-	261,0	11,6	-

Fonte: dados básicos do Censo Agropecuário (1985-1995-96) (IBGE).

Tabela 5.- Participação Relativa da Área da Cultura do Arroz por Estrato de Área dos Estabelecimentos Rurais, Estado do Rio Grande do Sul, 1970, 1975, 1980, 1985 e 1995-96.

Estrato (ha)	(Em Porcentagem)				
	A n o				
	1970	1975	1980	1985	1996
<10	4,71	3,65	1,87	1,83	0,82
10-20	7,62	6,21	3,55	3,26	1,90
20-50	14,78	11,65	7,76	6,98	4,92
50-100	12,84	10,39	9,14	8,33	6,57
100-200	14,82	13,83	13,27	13,12	10,98
até 200 ha	54,77	45,73	35,59	33,52	25,19
200-500	17,23	18,72	20,05	20,29	22,95
500-1000	8,23	12,28	14,76	16,60	17,74
1000-2000	8,53	10,63	12,30	12,70	16,56
2000-5000	8,76	8,49	11,43	11,35	11,47
5000-10000	1,94	3,35	4,67	4,15	2,95
>10000	0,54	0,79	1,21	1,39	3,14
200 ha ou mais	45,23	54,26	64,42	66,48	74,81
ESTADO	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
1% maiores	23,32	26,82	33,78	35,12	38,65
5% maiores	52,43	58,50	67,77	70,55	76,36
10% maiores	67,69	75,57	81,29	83,44	87,97
50% menores	8,86	7,50	3,91	3,43	1,85

Fonte: Censo Agropecuário (1970, 1975, 1980 e 1995-96).

Esta é uma primeira aproximação da questão das escalas de operação das lavouras de arroz no Rio Grande do Sul, em que se buscou relacionar a evolução individual da área da lavoura à evolução de variáveis da estrutura fundiária. Uma outra aproximação será feita na análise dos resultados da aplicação da metodologia proposta no presente trabalho, quando os indicadores são referenciados aos diferentes usos da terra, ou seja, remetendo para um detalhamento mais acurado das decisões dos produtores em suas várias opções de linhas de produção, análise que se torna mais relevante, sobretudo, diante da disponibilidade de indicadores por estratos de área.

Remanejamento de Áreas

A relação percentual entre a Área Total Disputada (ATD) e a Área Total Recenseada (ATR), variáveis que constam nas tabelas 01 a 04, já comentadas anteriormente, fornece um indicador bastante útil na análise da dinâmica global do setor agropecuário, que é, o Índice de Remanejamento (IR). Esse indicador, que tem uma relação direta com o tempo, é aqui considerado um substituto para as taxas de crescimento agregadas da agropecuária. Em um momento inicial, em que o setor produtivo sofre transformações estruturais importantes, como a política de modernização e/ou a consolidação de complexos agroindustriais, por exemplo, é esperado

que os valores do IR sejam tão mais elevados quanto maior for a participação da agregação de valor na fase agrícola, via modernização, ou durante as primeiras fases do processamento agroindustrial (esmagamento da soja, beneficiamento do arroz, e assim por diante). Conforme se consolidem a presença desses complexos, as tendências são de arrefecimento do remanejamento de áreas, de "engates" cada vez mais ajustados e precisos entre a agricultura e a indústria e de aumentos na produtividade agrícola e na diversificação de etapas de processamento agroindustrial, com a sofisticação de produtos processados e semi-prontos para o consumo.

Por ter sido um Estado pioneiro na modernização agrícola e na constituição dos complexos agroindustriais, o Rio Grande do Sul revela um arrefecimento no Índice de Remanejamento entre os períodos 1970-75 (IR = 10,76%), 1975-80 (7,14%) e 1980-85 (4,56%) (TABELA 06). A aparente retomada do índice no período 1985-96 (IR = 10,28%) deve-se ao maior intervalo desse período (11 anos). Se fossem anualizados, como se procede com as taxas médias de crescimento, as taxas médias anuais do índice seriam, respectivamente, de 2,06% ao ano (1970-75), 1,39% ao ano (1975-80), 0,78% ao ano (1980-85) e 0,89% ao ano (1985-96). Assim, o último período não é tão diferente, em termos de grau de remanejamento, do período precedente, já bastante baixo.

Tabela 6. Índice de Remanejamento¹ no Estado do Rio Grande do Sul, por Estrato de Área dos Estabelecimentos Rurais, Períodos 1970-75; 1975-80; 1980-85 e 1985-96.

Estrato (ha)	Índice de Remanejamento (em %)			
	P e r í o d o			
	1970-75	1975-80	1980-85	1985-96
<10	14,71	3,94	5,29	16,57
10-20	14,58	4,16	4,26	15,55
20-50	15,18	4,92	3,75	14,32
50-100	13,80	6,07	3,32	10,83
100-200	11,69	7,35	3,84	9,24
200-500	10,39	8,00	5,45	8,80
500-1000	8,99	7,78	5,13	6,63
1000-2000	5,93	8,13	3,97	7,19
2000-5000	5,81	7,44	3,87	9,71
5000-10000	9,73	11,87	5,99	9,03
>10000	23,58	20,43	22,60	31,63
TOTAL	10,76	7,14	4,56	10,28
1% maiores	7,08	8,74	4,86	8,80
5% maiores	8,40	8,34	5,00	8,40
10% maiores	8,98	8,14	4,81	8,59
50% menores	14,64	4,07	4,76	16,02

¹ Relação entre a Área Total Disputada (ATD) e Área Total Recenseada (ATR) obtidas nas tabelas de 1 a 4.

O Índice de Remanejamento foi mais elevado entre os pequenos estabelecimentos, no primeiro e no último período (1970-75 e 1985-96), e entre os grandes, no período 1975-80, e relativamente uniforme no período 1980-85, em os ambos estratos. No primeiro período, o estrato de percentil dos 50% menores apresenta um IR de 14,64%, significativamente maior do que o impacto médio observado para o Estado, de 10,76%. O impacto da soja e o menor estoque de áreas de pastagens, nesses estabelecimentos, são os fatores que mais devem estar explicando esse resultado. No período seguinte, 1975 a 1980, o estrato de percentil dos 1% maiores, com um IR = 8,74%, representa mais do que o dobro do IR dos 50% menores (IR = 4,07%). Mais uma vez, a soja, em seu deslocamento para os estabelecimentos maiores, e a própria expansão do arroz, ambas substituindo pastagens, parecem ser as explicações mais plausíveis para o movimento observado. No período 1980-85, o equilíbrio no remanejamento entre grandes e pequenos estabelecimentos só é quebrado pelos resultados visíveis nos estratos de área, nos estabelecimentos com mais de 10000 hectares (que por serem em pequeno número, apresentam valores elevados para o IR em todos os períodos, devido a menor prevalência de movimentos compensatórios). No período 1985-96, novamente os estabelecimentos no estrato dos 50% menores voltam a apresentar IR mais pronunciado, de 16,02%, quase o dobro do observado para o IR dos estabelecimentos no estrato dos 1% maiores, de 8,80%. Aqui, ao contrário dos períodos anteriores, a explicação pode estar baseada tanto na desestruturação dos pequenos, frente à crise de endividamento da agricultura, sobretudo após os anos 90, e/ou à busca de alternativas por parte desse segmento, diversificando a produção e introduzindo atividades viáveis nos estabelecimentos menores, como a fruticultura, a pecuária leiteira e algumas

culturas anuais (hortícolas e fumo, por exemplo) (TABELA 06).

Finalmente, o Índice de Remanejamento (IR), ainda que um número sintético, é um indicador que, analisado em perspectiva com o desenvolvimento da agricultura e com os ciclos econômicos da economia, permite estabelecer uma aderência adequada às condições de transformação da agricultura e da economia verificadas no Rio Grande do Sul. Este Estado foi pioneiro na modernização da agricultura e de sua reconversão para as exportações, ainda sob o impulso do arcabouço de política agrícola e creditícia do final da década de 60, antes, portanto, da conhecida “complexificação” da agricultura, ocorrida a partir de meados da década de 70 (KAGEYAMA et al., 1990). O efeito da complexificação da agricultura sobre o grau de remanejamento de áreas é, portanto, muito menos perceptível ocorrendo mais no Rio Grande do Sul do que nos Estados, onde o novo padrão de relações entre a agricultura e a indústria já foi instalado, “queimando etapas” da modernização de caráter mais difuso, comprova os números obtidos para o IR. Quanto à relação entre o Índice de Remanejamento e os movimentos mais gerais da economia, verifica-se, à primeira vista, um caráter “pró-cíclico” desse indicador, ou seja, diminui à medida que a economia do país tende a perder o impulso, passando a crescer a taxas menos elevadas, em relação às observadas até a primeira metade da década de 70.

Impacto do Arroz

O impacto da substituição da cultura do arroz (IESArroz) no conjunto de atividades e usos do solo no Rio Grande do Sul foi crescente até 1985 (3,93% no período 1970-75, 6,17% no período 1975-80 e 22,81% no período 1980-85), decrescendo para 9,18% no período mais recente, de 1985-96 (TABELA 07).

Tabela 7. Impacto do Efeito-Substituição da Cultura do Arroz (IESArroz)¹ no Estado do Rio Grande do Sul, por Estrato de Tamanho dos Estabelecimentos Rurais, nos Períodos 1970-75; 1975-80; 1980-85 e 1985-96.

Estrato (ha)	Período			
	1970-75	1975-80	1980-85	1985-96
	(%)			
<10	-3,32	-25,54	3,02	-3,15
10-20	0,86	-13,78	3,96	-1,61
20-50	-0,33	-6,42	6,85	-0,79
50-100	-1,43	1,58	14,34	0,19
100-200	2,24	4,00	28,53	1,46
200-500	5,89	6,88	19,14	15,98
500-1000	9,38	8,94	22,35	15,69
1000-2000	9,07	6,68	18,79	25,16
2000-5000	5,05	12,76	26,29	13,13
5000-10000	12,39	14,11	25,15	7,47
>10000	6,58	-0,32	10,51	29,82
TOTAL	3,93	6,17	22,81	9,18

1. Calculado com base na relação entre o Efeito-Substituição do Arroz (IESArroz) e a Área Total Disputada (ATD) Fonte: dados básicos do Censo Agropecuário (1970, 1975, 1980, 1985 e 1996).

Ao se analisar esses impactos na estrutura por tamanho de estabelecimento, de certa forma tipificam-se decisões tomadas pelos agricultores pequenos, médios e grandes, nesses períodos, com relação a um conjunto de alternativas econômicas com que se defrontaram. No período inicial (1970-75) nota-se que os impactos tenderam a se distribuir nos estabelecimentos de médios a grandes. Os pequenos produtores, de até 100 hectares, manifestando impactos negativos, porém de pequena magnitude, movimento semelhante ao observado para os períodos subseqüentes. A diferença é de que, nestes casos, os impactos se tornam mais acentuados e assimétricos à medida que se avança no tempo.

Um fator de natureza tecnológica, a irrigação, determina esse tipo de comportamento alocativo dos agricultores riograndenses em relação aos produtores de arroz dos demais Estados, embora se trate de uma prática já tradicional na rizicultura do Rio Grande do Sul. Pode-se verificar, através

dos indicadores da tabela 08 (Anexo) a perfeita equivalência das distribuições percentuais da área total irrigada e da área da lavoura de arroz, entre os diferentes estratos de percentis utilizados. O aumento da assimetria entre os grandes/médios estabelecimentos e os pequenos nos dois conjuntos de distribuições percentuais, da área irrigada total e da área do arroz, permite estabelecer a concentração do controle sobre recursos hídricos para a irrigação como um vetor, se não de inovação tecnológica (uma vez que esta já é uma prática usual desde o início do século), pelo menos como um determinante para o aumento nas escalas de operação da atividade arroeira no Rio Grande do Sul.

A crescente concentração dos recursos hídricos nos grandes estabelecimentos rizicultores e, sobretudo, as transformações tecnológicas relacionadas ao melhoramento genético das variedades parecem constituir os eixos do elevado grau de especialização dos estabelecimentos de grande porte *vis-a-vis* os pequenos e médios (TABELA 09)¹.

¹ O censo agropecuário 1995-96 não fornece o universo de estabelecimentos especializados, considerados assim por concentrarem a maior parte da formação de sua renda com o arroz. Dessa forma, os indicadores de especialização da tabela 09 ficaram defasados.

Tabela 8. Distribuição Percentual da Área Irrigada Total e da Área da Cultura de Arroz no Estado do Rio Grande do Sul, por Estrato de Percentil dos Estabelecimentos Rurais, para os anos de 1970, 1975, 1980 e 1985 e 1996.

Estrato (em Percentis)	A n o				
	1970	1975	1980	1985	1996
Área Irrigada (em %)					
1% maiores	27,74	30,68	36,64	36,41	39,60
5% maiores	59,34	65,82	72,28	73,57	76,46
10% maiores	75,71	80,80	85,66	87,00	87,82
50% menores	5,25	2,91	2,10	1,78	2,03
TOTAL	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Área de Arroz (em %)					
1% maiores	23,32	26,82	33,78	35,12	38,65
5% maiores	52,43	58,50	67,77	70,55	76,36
10% maiores	67,69	75,57	81,29	83,44	87,97
50% menores	8,86	7,50	3,91	3,43	1,85
ESTADO	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Fonte: dados básicos do Censo Agropecuário (1970, 1975, 1980, 1985 e 1995-96)

Tabela 9. Taxa de Especialização¹ dos Produtores de Arroz no Estado do Rio Grande do Sul, por Estrato de Área dos Estabelecimentos Rurais, para os anos de 1970, 1975, 1980 e 1985.

Estrato (ha)	Taxa de Especialização (em %)			
	A n o			
	1970	1975	1980	1985
<10	14,75	6,90	4,86	4,86
10-20	8,53	4,77	3,81	3,95
20-50	11,36	7,25	6,64	7,03
50-100	26,28	18,85	18,79	19,83
100-200	42,98	37,20	36,38	38,10
200-500	44,36	42,96	44,82	46,99
500-1000	39,01	43,42	47,96	50,94
1000-2000	47,19	45,67	51,18	52,25
2000-5000	46,53	45,90	56,88	54,22
5000-10000	50,00	50,00	58,00	63,27
>10000	50,00	60,00	100,00	42,86
TOTAL	16,18	8,42	8,35	8,77
1% maiores	44,70	45,41	52,11	52,63
5% maiores	43,56	42,29	45,63	47,22
10% maiores	35,81	32,34	35,34	36,82
50% menores	12,19	5,98	4,40	4,52

¹Relação entre o número de estabelecimentos que apresentam o arroz como principal produto formador da renda bruta e o número total de estabelecimentos que produzem arroz.

Fonte: dados básicos do Censo Agropecuário (1970, 1975, 1980 e 1985).

Como resultado dessas transformações, a área média da lavoura de arroz por estabelecimento no estrato dos 10% maiores cresceu 3,62 vezes entre 1970 e 1996, de 29,1 para 105,4 hectares. No estrato dos 1% maiores, o aumento foi de 2,64 vezes, de 107,6 para 285,0 hectares, e no estrato dos 5%

maiores, de 2,91 vezes, de 53,4 para 155,4 hectares. Em contraposição, no estrato dos 50% menores, a área média da lavoura caiu pela metade, entre 1970 e 1985, (de 1,1 para 0,5 hectare) recuperando o patamar do início da década de 70, de 0,9 hectares em 1996 (TABELA 10, Anexo).

Tabela 10. Tamanho Médio da Lavoura de Arroz, por Estrato em Percentis. Estado do Rio Grande do Sul, 1970, 1975, 1980, 1985 e 1996

Estrato	Ano				
	1970	1975	1980	1985	1996
1% maiores	107,6	139,4	172,0	189,1	285,0
5% maiores	53,4	65,6	80,9	90,0	155,4
10% maiores	29,1	33,8	45,8	51,9	105,4
50% menores	1,1	0,5	0,5	0,5	0,9
Estado	3,7	3,1	5,0	5,9	18,1

Fonte: dados básicos do Censo Agropecuário (1970, 1975, 1980 e 1985).

Finalmente, pode-se notar que não são nítidos os ganhos de rendimento, associados às escalas de operação da lavoura de arroz no Rio Grande do Sul (TABELA 11). Esses resultados não são, desta

forma, sugestivos de economias de escala típicas, como as que se verificou para a soja no Paraná (IGREJA, et al., 1998)

Tabela 11. Impacto Efetivo do Efeito-Substituição da Cultura do Arroz (EESAroroz)¹ e Índice de Variação Percentual (Base = 100; ano inicial do período) no Rendimento do Arroz no Estado do Rio Grande do Sul, por Estrato de Tamanho dos Estabelecimentos Rurais, nos Períodos 1970-75; 1975-80; 1980-85 e 1985-96.

Estrato (ha)	Periodo							
	1970-75		1975-80		1980-85		1985-96	
	IEESAroz	Rendi/o	IEESAroz Rendi/o	IEESAroz Rendi/o	IEESAroz Rendi/o	IEESAroz Rendi/o	IEESAroz Rendi/o	IEESAroz Rendi/o
<10	-0,49	95,98	-1,01	102,53	0,16	106,34	-0,52	165,74
10-20	0,13	102,11	-0,57	109,44	0,17	114,05	-0,25	158,00
20-50	-0,05	108,26	-0,32	110,29	0,26	123,27	-0,11	126,88
50-100	-0,20	111,54	0,10	100,94	0,48	124,64	0,02	112,11
100-200	0,26	107,97	0,29	103,03	1,10	118,70	0,13	110,80
200-500	0,61	104,69	0,55	101,61	1,04	119,46	1,41	108,50
500-1000	0,84	116,18	0,70	97,42	1,15	118,22	1,04	118,01
1000-2000	0,54	114,74	0,54	95,09	0,75	118,78	1,81	115,08
2000-5000	0,29	116,50	0,95	94,96	1,02	138,90	1,27	109,52
5000-10000	1,21	97,98	1,67	112,49	1,51	128,91	0,67	109,19
>10000	1,55	165,02	-0,07	121,22	2,38	116,29	9,43	89,05
TOTAL	0,42	112,59	0,44	104,72	1,04	122,52	0,94	114,90

1. Calculado com base no produto do Índice de Remanejamento (IR) (Tabela 5) e do Impacto do Efeito-Substituição do Arroz (IESArroz) (Tabela 6) Fonte: Tabelas 5 e 6 e Censo Agropecuário: Rio Grande do Sul (1970, 1975, 1980 e 1995-96).

Considerações Finais

Os resultados obtidos no presente trabalho confirmaram, de modo geral, as hipóteses básicas formuladas, quanto à importância da cultura e do complexo arrozeiro na reestruturação agrícola e econômica do Rio Grande do Sul. Também confirmando as hipóteses específicas deste estudo, o dinamismo das transformações ocorridas se deu em um contexto de diminuição do grau de remanejamento de áreas ao longo do tempo, e de aumento na escala de operação da cultura do arroz. Apesar da associação dos indicadores de escala (Impacto Efetivo do Efeito-Substituição do Arroz) e do rendimento não caminharem na mesma direção ao longo dos períodos analisados, impedindo uma visualização categórica de economias de escala, é inegável que a cultura do arroz no Rio Grande do Sul vem sendo organizacionalmente gerenciada para assumir processos massivos de produção.

A metodologia utilizada adequou-se aos objetivos e às hipóteses do presente trabalho, permitindo analisar o fenômeno alocativo, por estrato de área dos estabelecimentos rurais no Rio Grande do Sul. Os resultados obtidos descreveram de forma sintética os movimentos mais gerais da economia agrícola riograndense e, em particular, um de seus eixos mais dinâmicos, a lavoura do arroz, mostrando que aos aumentos, na escala de operação da lavoura, correspondem engates cada vez mais precisos ao longo da cadeia produtiva, com aumento no grau de concentração e nas escalas de operação das indústrias de processamento.

O Índice de Remanejamento, uma medida do crescimento agropecuário, apresenta, a rigor, as mesmas limitações das taxas de crescimento da produção agropecuária e da clássica análise da participação do setor agropecuário na formação da renda. Isto porque, ao evoluir de uma estrutura agrária para uma agroindustrial, em que fases mais avançadas do processamento vão sendo incorporadas, é mais razoável se analisar o dinamismo do “*agribusiness*”, ou de todo o complexo de atividades em torno da(s) atividade(s) em análise.

Finalmente, a título de reflexões para análises futuras, deve-se contrapor as tendências para a massificação da produção, com a vigência de economias de escala, e a crescente tendência de segmentação da demanda. A tecnologia da informação é, em larga medida, responsável por

essa segmentação, ao permitir maior agilidade na percepção da tendência dos mercados. A agregação de valor, na forma de produtos mais elaborados, ou até mesmo prontos para consumo, são decorrência dessa evolução na capacitação mercadológica. Todos esses fatores contribuem, na fase agrícola, para a introdução de variedades específicas, que atendam às necessidades de cada segmento da demanda, fazendo aumentar o leque de produtos e processos na própria fase agrícola da produção. Essa tendência, conhecida como do tipo “demand-pull”, embora possa conviver com formas massivas de produção, tende a encontrar escalas e nichos suficientes para se viabilizar.

AGRADECIMENTOS

Os autores deste trabalho agradecem os valiosos comentários dos revisores e à Comissão Editorial da Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária - FEPAGRO, que meticulosamente revisaram os originais do trabalho. Eventuais erros e omissões são, entretanto, de inteira responsabilidade dos autores.

BIBLIOGRAFIA CITADA

- CAMARGO, A. M. M. P. (1983) **Substituição regional entre as principais atividades agrícolas no Estado de São Paulo**. Piracicaba: USP-ESALQ, 1983. 236p. (Dissertação de Mestrado).
- CARDOSO, C. E. L. **Efeitos de políticas públicas sobre a produção de mandioca no Brasil**. Piracicaba: USP-ESALQ, 1995. 180p. Dissertação de Mestrado.
- CARDOSO, C. E. L.; IGREJA, A. C. M.; NEVES, E. M. Fontes de crescimento da produção de mandioca no Brasil. **Revista Brasileira de Mandioca**. Cruz das Almas: v. 15, n. 1/2, p. 89-103, 1996.
- IBGE: CENSO AGROPECUÁRIO: **Rio Grande do Sul** (1970-1996) Rio de Janeiro: FIBGE. pp. 14-104 (1970), 22-109 (1975), 15-114 (1980). 18-153 (1985) e 58-172 (1995-96).
- IGREJA, A. C. M.; PACKER, M. F. e ROCHA, M. B. **A evolução da soja no Estado de Goiás e seu impacto na composição agrícola**. São Paulo: IEA, 1988. 20p. (Relatório de pesquisa, 16/88).
- IGREJA, A. C. M.; CAMARGO, A. M. M. P. A agropecuária paulista. In: SÃO PAULO. São Paulo no Limiar do séc. XXI, v.2. São Paulo: Fundação SEADE, 1992. p. 59-247. (Diagnósticos Setoriais da Economia Paulista).
- IGREJA, A.C.M. Aspectos da reestruturação da cultura
- PESQ. AGROP. GAÚCHA, v.6, n.1, p.55-69, 2000

- da soja no Estado do Paraná. Brasília: **Revista de Economia Rural**, v.37, n. 3, jul/set 1999. (no prelo).
- KAGEYAMA, Â. A.; BUAINAIN, A. M.; REYDON, B. P.; SILVA, J. G.; SILVEIRA, J. M.; FONSECA, M. G.; RAMOS, P.; FONSECA, R. B.; BELIK, W. O novo padrão agrícola brasileiro: do complexo rural aos CAI's. In: DELGADO, G. et al (Eds.). **Agricultura e políticas públicas**. Brasília: IPEA, 1990. p. 113-223.
- PATRICK, G. F. (1975) Fontes de crescimento da agricultura brasileira: o setor de culturas. In: CONTADOR, C. R. (Eds.) **Tecnologia e desenvolvimento agrícola**. Rio de Janeiro: IPEA, INPES, 1975. p. 89-110. (Série Monográfica 17).
- YOKOYAMA, L. P. **O crescimento da produção e modernização das lavouras em Goiás no período 1975-1984**. Piracicaba: USP-ESALQ, 1988. 109p. (Dissertação de Mestrado).
- YOKOYAMA, L. P., IGREJA, A. C. M.; NEVES, E. M. Modelo shift-share: uma readaptação metodológica e uma aplicação para o Estado de Goiás. **Agricultura em São Paulo**. São Paulo, v.37, n.3, p. 19-30, 1990.
- ZOCKUN, M. H. G. P. **A expansão da soja no Brasil: alguns aspectos da produção**. São Paulo, 1978. USP/FEA. 226p. (Dissertação de Mestrado).

COMPARAÇÃO ENTRE POPULAÇÕES, CRUZAMENTOS INTERPOPULACIONAIS E HÍBRIDOS COMERCIAIS DE MILHO

ELTON VACARO¹, JOSÉ F. BARBOSA NETO², CLAUDIO N. NUSS³, DIEGO G. PEGORARO⁴, LEO D. H. CONCEIÇÃO⁵

RESUMO - A heterose é a principal responsável pelos incrementos na produtividade de milho neste século. No entanto, as variedades exploram de maneira diferencial esse fenômeno. Assim sendo, este trabalho teve por objetivo comparar o desempenho de populações de polinização aberta, seus cruzamentos e híbridos comerciais de milho em dois ambientes. Os resultados demonstraram que o ambiente tem importância fundamental na expressão do potencial genético. No ambiente favorável, os cruzamentos proporcionaram maior resposta do que as populações, sendo que os híbridos comerciais apresentaram uma resposta ainda superior. No ambiente desfavorável, todos os genótipos revelaram baixos rendimentos de grãos. Este fato demonstrou que em ambientes de menor potencial para o desenvolvimento das plantas, genótipos geneticamente superiores não conseguem expressar todo o seu potencial. Desta forma, a escolha da variedade comercial a ser adquirida pelos agricultores deve levar em consideração o ambiente de cultivo e o nível de manejo que será adotado na lavoura.

Palavras-chave: variedades, heterose, Zea mays.

COMPARISON AMONG POPULATIONS, THEIR CROSSES AND COMMERCIAL HYBRIDS OF MAIZE

ABSTRACT - Exploitation of heterosis has been the main point to increase maize productivity in this century. However, the varieties use this phenomenon in a different way. This work was designed to compare the performance of open pollinated populations, their crossings and commercial hybrids in two different locations. The results demonstrated that the environment is important for the expression of the genetic potential of the plants. In the favorable environment the crossings performed better than the populations and the commercial hybrids outperformed both. In the unfavorable environment all genotypes presented low grain yield. This fact demonstrated that superior genotypes could not express their genetic potential in environments with limitations for plant development. As a consequence, the choice of the commercial variety to be acquired by the farmers should take into account the environment and the management level that will be adopted in the crop.

INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) é uma espécie de fecundação cruzada que tem expressiva importância econômica no sistema de produção agrícola. Desde o surgimento dos primeiros híbridos, na década de 20, a exploração comercial da heterose, também chamada de vigor híbrido, é uma das principais razões do sucesso de empresas produtoras de sementes de milho (STUBER, 1994). Esse fenômeno tem sido o principal mecanismo genético para obtenção de altos rendimentos de grãos nessa cultura (HALLAUER & MIRANDA, 1988). A heterose

tem sido conceituada como a superioridade do híbrido em relação à média dos pais ou ao melhor pai (HALLAUER & MIRANDA, 1988; FALCONER, 1987), sendo que a mesma é dependente da heterozigosidade e da frequência de alelos dominantes controlando o caráter (HALLAUER & MIRANDA, 1988). Tanto as populações melhoradas quanto os híbridos de linhagens exploram a heterose. No entanto, os híbridos exploram com maior eficiência pois apresentam maior frequência de indivíduos com alta heterozigosidade, determinando uma intensa substituição das variedades de polinização aberta.

¹ Eng. Agr., Mestre, Faculdade de Agronomia - Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

² Eng. Agr., Ph. D., Departamento de Plantas de Lavoura - Faculdade de Agronomia - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Av. Bento Gonçalves 7712 - Caixa Postal 776 - Porto Alegre (RS) - Brasil - 91501-970 - Fax: (051) 337-7519 - E-mail: jfbn@vortex.ufrgs.br. Bolsista CNPq. Autor para correspondência.

³ Eng. Agr., Mestre, Gerente de Pesquisa - Agroeste Sementes.

⁴ Eng. Agr., Mestrando em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia - Universidade Federal do Rio Grande do Sul - Bolsista CNPq.

⁵ Estudante de Agronomia, Faculdade de Agronomia - Universidade Federal do Rio Grande do Sul - Bolsista PIBIC/CNPq.

Recebido para publicação em 18/05/1999.

O ambiente tem uma importância fundamental na manifestação da heterose. De maneira geral, o comportamento do fenótipo de uma planta é dependente de sua constituição genética, do ambiente e da interação genótipo X ambiente (FALCONER, 1987). As variedades híbridas são, normalmente, recomendadas em ambientes com potencial para o desenvolvimento das plantas, onde é esperado um rendimento de grãos superior. Assim sendo, os híbridos podem ser considerados como a melhor opção em cultivos onde o agricultor planeja empregar um bom nível de manejo para a lavoura, especialmente adubação e controle de plantas daninhas. Por outro lado, alguns agricultores utilizam pouca ou até nenhuma adubação. Deste modo, não proporcionam as condições necessárias para o híbrido expressar o seu potencial. Nesses casos, a escolha de populações melhoradas para o cultivo pode ser uma alternativa. No entanto, não é qualquer híbrido que é superior às variedades de polinização aberta ou aos cruzamentos interpopulacionais. A capacidade combinatória das populações disponíveis no programa é o mecanismo empregado para maximizar a heterose (GRIFFING, 1956), sendo a sua avaliação fundamental para o desenvolvimento de novas populações melhoradas e híbridos. Assim sendo, a seleção da variedade a ser cultivada deve levar em consideração a qualidade de cada genótipo, o potencial produtivo e o ambiente onde será cultivada, entre outros fatores. O objetivo desse trabalho foi comparar o desempenho de rendimento de grãos e caracteres agrônômicos de 12 populações de polinização aberta, seus 66 cruzamentos interpopulacionais e três híbridos comerciais de milho em dois ambientes distintos.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados nesse estudo, 12 populações de milho com origem diversificada (Cone Sur, Caribe-México, Sintético 34, Composto Amarelo Dentado, Población 26, Población 62, Pool 25, Pool 26, Amarillo del Bajío, Tuxpeño Amarelo, Nitroflint e Sintético Elite) e seus 66 cruzamentos interpopulacionais, juntamente com três híbridos triplos comerciais (AS 3466, AS 3477 e AS 3601).

Os experimentos foram conduzidos durante o ano agrícola de 1997/98 na Estação Experimental Agrônômica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul em Eldorado do Sul - RS e na Estação Experimental da Empresa Agropecuária Oeste Ltda.

(Agroeste Sementes), em Xanxerê - SC. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados com três repetições. Cada parcela experimental foi formada por duas fileiras de 5 m de comprimento e espaçadas de 0,80 m, totalizando uma área útil de 8 m².

Em Xanxerê, a semeadura foi realizada no dia 18 de outubro de 1997 com uma densidade de 50.000 plantas/ha. A adubação realizada por ocasião da semeadura correspondeu a 20 kg/ha de nitrogênio (N), 80 kg/ha de fósforo (P O) e 80 kg/ha de potássio (K O). A adubação de cobertura com nitrogênio² foi efetuada no estágio de desenvolvimento V6 (RITCHIE *et al.*, 1998) na forma de uréia, em dose equivalente a 70 kg/ha de nitrogênio. Em Eldorado do Sul, a semeadura foi no dia 30 de outubro de 1997 com uma densidade de 60.000 plantas/ha. A adubação de base correspondeu a 12,5 kg/ha de nitrogênio (N), 50 kg/ha de fósforo (P O) e 50 kg/ha de potássio (K O). A adubação de cobertura também foi realizada de maneira similar. Entretanto, a dose empregada equívaleu a 50 kg/ha de nitrogênio. A colheita foi realizada manualmente no dia 02/03/98 em Xanxerê e em 03/04/98 em Eldorado do Sul. Foram avaliados os seguintes caracteres: estatura da planta, altura de inserção da espiga superior, número de espigas por planta, número de grãos por espiga, percentagem de plantas acamadas, percentagem de plantas quebradas e rendimento de grãos.

Os dados foram inicialmente submetidos à análise de variância segundo o modelo

$$X_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \rho_{k(j)} + \varepsilon_{ijk}, \text{ onde:}$$

X_{ijk} = valor médio do genótipo i no ambiente j e

bloco k ; μ = média geral, α_i = efeito do i -ésimo

genótipo ($i = 1, 2, g$); β_j = efeito do j -ésimo ambiente

($j = 1, 2$); $\alpha\beta_{ij}$ = efeito da interação do i -ésimo

genótipo com o j -ésimo ambiente, $\rho_{k(j)}$ = efeito do k -

ésimo bloco ($k = 1, 2, r$) no j -ésimo ambiente e ε_{ijk} =

erro experimental [$\varepsilon_{ijk} \sim N(0, \sigma^2)$]. A estimativa da heterose foi realizada a partir das médias obtidas para as populações paternas e seus cruzamentos conforme FEHR (1987).

Em cada ambiente foi também estimado o

híbrido superior (híbrido comercial de maior ou menor média de expressão do caráter) e o híbrido médio (média do comportamento dos três híbridos comerciais testados). As médias obtidas nas populações paternas e nos cruzamentos foram comparadas com o híbrido superior e o híbrido médio através de teste de t. Todas as análises foram realizadas com o programa estatístico SAS (SAS INSTITUTE, 1988). Os dados de percentagem de plantas acamadas e quebradas foram transformados em arco-seno.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os experimentos realizados possibilitaram a identificação de grande variabilidade genética nos 81 genótipos de milho para todos os caracteres avaliados. A análise de variância detectou diferenças significativas entre os genótipos para todas as características (Tabela 1). Da mesma forma, a interação G X E foi significativa para todos os caracteres, exceto para o número de grãos por espiga que foi avaliado em apenas um ambiente, indicando que o ambiente teve grande influência no fenótipo das plantas avaliadas. No entanto, apesar da interação GXE detectada, houve pouca alteração em relação à ordem de classificação dos genótipos,

quebradas.

havendo uma menor separação das medidas em Eldorado do Sul. Os dois locais proporcionaram condições diferenciadas para o desenvolvimento dos genótipos, sendo que Xanxerê foi o ambiente superior. Os coeficientes de variação (CV%) variaram de 5,5% para estatura de planta a 14,5% para rendimento de grãos, exceto para percentagem de plantas acamadas e quebradas (24,2% e 44,9%, respectivamente), indicando um bom nível de uniformidade na condução dos experimentos (Tabela 1).

No experimento conduzido em Xanxerê as condições de ambiente proporcionaram melhor desenvolvimento das plantas, quando comparado com Eldorado do Sul, o que resultou em maiores rendimentos de grãos, número de espigas por planta, estatura de planta e altura de inserção de espiga (Tabela 2). O menor rendimento de grãos observado em Xanxerê foi 14%, maior do que a média geral em Eldorado do Sul (Tabela 2), caracterizando esse local como o ambiente de maior potencial para o desenvolvimento dos genótipos testados. A maior adubação empregada nesse local foi um fator de contribuição para essa superioridade. Por outro lado, devido à maior quantidade de ventos em Xanxerê, esse local também proporcionou as maiores percentagens de plantas acamadas e

TABELA 1 - Análise de variância e coeficiente de variação (CV%) para rendimento de grãos (RGR), número de espigas por planta (NEP), número de grãos por espiga (NGE), estatura de planta (EP), inserção de espiga (IE), percentagem de plantas acamadas (AC) e quebradas (QB) avaliados em 12 populações, 66 híbridos intervarietais e três híbridos comerciais de milho, em dois locais (Eldorado do Sul - RS e Xanxerê - SC, 1997/98).

Causas da Variação	Quadrado Médio									
	GL	RGR	NEP	NGE ¹	EP	IE	AC	QB		
Bloco/Amb.	4	1.912.907	** 0,138	** 56.455	** 3.023	** 1.177	** 0,594	** 0,207	**	
Ambiente (A)	1	1.233.542.748	** 7,268	** -	64.320	** 42.429	** 22,428	** 6,908	**	
Genótipo (G)	80	2.844.135	** 0,020	** 9.978	* 814	** 672	** 0,036	** 0,029	**	
G X A	80	1.000.568	** 0,015	** -	186	* 164	** 0,029	** 0,025	**	
Erro	322	444.792	0,009	7180	137	98	0,000	0,002		
CV%		14,5	11,3	13,8	5,5	8,4	24,2	44,9		

¹ Caráter avaliada apenas em Xanxerê.

* Significativo por teste de F em nível de 5% de probabilidade de erro.

** Significativo por teste de F em nível de 1% de probabilidade de erro

A magnitude da heterose também variou de acordo com o ambiente, indicando a presença da interação GXE. Em Xanxerê, os caracteres percentagem de plantas acamadas, percentagem de plantas quebradas e número de espigas por

planta apresentaram heterose desfavorável para a maioria dos cruzamentos (Tabela 2). No entanto, os problemas de germinação, observados em alguns genitores, pode ter determinado uma menor densidade de plantas para esses genótipos,

resultando em menores percentagens de plantas acamadas e quebradas e maior número de espigas por planta, inflacionando o valor da heterose para estas combinações. Diversos autores têm relatado o aumento do número de espigas por planta e a redução da percentagem de plantas acamadas e quebradas em genótipos de milho cultivados com menor plantas.

densidade populacional (NORDEN, 1966; MEDEIROS, 1974; PEIXOTO, 1996). O efeito do ambiente na expressão da heterose foi importante, sendo que o ambiente mais favorável (Xanxerê) revelou heterose superior. Este fato indica que a heterose aumenta sua expressão em ambientes com menor limitação para o desenvolvimento das

TABELA 2 - Valores máximo, mínimo, médio e heterose média para diferentes caracteres avaliados em Eldorado do Sul - RS e Xanxerê - SC, 1997/98.

Caráter	Máximo	Mínimo	Média	Heterose Média
Eldorado do Sul - RS				
Estatura de Planta (cm)	230	172	201	-1,8
Inserção de Espiga (cm)	130	87	108	-2,5
Nº Espigas / Planta	0,9	0,5	0,7	-0,3
Plantas Acamadas (%)	17,5	0	2,3	61,2
Rendimento de Grãos (kg/ha)	4475	1627	3019	22,8
Xanxerê - SC				
Estatura de Planta (cm)	253	177	225	2,0
Inserção de Espiga (cm)	156	88	128	2,5
Nº Espigas / Planta	1,1	0,8	1,0	-13,7
Nº Grãos / Espiga	763	434	614	-0,1
Plantas Acamadas (%)	41,0	1,7	9,8	87,1
Plantas Quebradas (%)	41,8	3,6	17,0	97,6
Rendimento de Grãos (kg/ha)	7919	3445	6180	10,7

Na Tabela 3 estão apresentados as médias do híbrido superior e do híbrido médio e as percentagens de populações e cruzamentos interpopulacionais, iguais aos híbridos médio e superior, para os diversos caracteres avaliados. O comportamento dos híbridos foi similar nos ambientes testados, exceto para o rendimento de grãos, que foi 90% superior em Xanxerê. Os três híbridos, empregados nesse experimento, apresentaram pequena variabilidade para os diferentes caracteres, uma vez que a média dos três híbridos foi bastante próxima da média do melhor híbrido. Os testes de t, realizados para comparar as populações paternas e os híbridos interpopulacionais com os híbridos comerciais, detectaram diversas diferenças estatísticas nos caracteres avaliados. De maneira geral, os híbridos comerciais tiveram comportamento superior; entretanto, várias populações e cruzamentos demonstraram desempenho similar. As populações e os cruzamentos, que apresentaram

comportamento distinto dos híbridos, tiveram desempenho inferior, exceto a população Sintético 34, que apresentou altura de inserção de espiga mais baixa, e o cruzamento Amarillo del Bajío X Sintético Elite, que revelou um maior número de espigas por planta, ambos em Xanxerê. No entanto, é importante destacar que mesmo no ambiente considerado superior (Xanxerê), 11% dos cruzamentos entre populações (híbridos interpopulacionais) não diferiram significativamente do melhor híbrido em termos de rendimento de grãos, podendo ser uma alternativa viável para aqueles agricultores que desejam reduzir os custos de suas lavouras. Por outro lado, todas as populações foram inferiores nesse ambiente. Em Eldorado do Sul, 75% e 100% das populações e dos cruzamentos, respectivamente, tiveram comportamento similar ao híbrido superior para o rendimento de grãos, caracterizando que ambientes desfavoráveis, como foi o caso desse local, não possibilitam aos híbridos manifestarem seu potencial genético.

TABELA 3 - Comportamento dos híbridos médio e superior; percentagem de populações iguais ao híbrido médio e ao híbrido superior e percentagem de cruzamentos iguais ao híbrido médio e ao híbrido superior em Eldorado do Sul - RS e Xanxerê - SC, 1997/98.

Caráter	Populações				Cruzamentos	
	Híbrido Médio ¹	Híbrido Superior ²	Híbrido Médio	Híbrido Superior	Híbrido Médio	Híbrido Superior
Eldorado do Sul - RS						
Estatura de Planta (cm)	195	183	100	100	61	82
Inserção de Espiga (cm)	100	93	100	92	82	58
Nº Espigas / Planta	0,76	0,86	83	83	94	71
Plantas Acamadas (%)	2,7	1,2	92	100	70	100
Rendimento de Grãos (kg/ha)	4317	4926	42	75	61	100
Xanxerê - SC						
Estatura de Planta (cm)	204	197	67	67	11	20
Inserção de Espiga (cm)	109	109	58	58	33	30
Nº Espigas / Planta	1,00	1,02	92	92	85	85
Nº Grãos / Espiga	661	688	92	67	92	100
Plantas Acamadas (%)	1,5	0,6	83	83	94	92
Plantas Quebradas (%)	2,1	0,0	50	50	48	62
Rendimento de Grãos (kg/ha)	8183	8765	0	0	20	11

1 Média do comportamento dos três híbridos comerciais testados

2 Híbrido comercial de maior ou menor média de expressão do caráter

O rendimento de grãos (Figura 1) é o caráter que melhor representa as diferenças entre as populações, os cruzamentos interpopulacionais e os híbridos comerciais, em dois locais distintos. No ambiente desfavorável (Eldorado do Sul), embora os cruzamentos tenham sido superiores às populações, ambos tiveram baixos rendimentos de grãos e os híbridos comerciais não os superaram significativamente, indicando que esse ambiente não permitia a expressão do potencial genético para produtividade. Por outro lado, no ambiente favorável (Xanxerê), os cruzamentos e os híbridos comerciais proporcionaram maior resposta do que as

populações, demonstrando uma diferença marcante entre os tipos de genótipos testados. Assim sendo, os agricultores e técnicos devem levar em consideração o nível de manejo que será adotado na lavoura e o ambiente de cultivo para a escolha adequada do tipo de variedade a ser adquirida. Desta forma, caso o agricultor deseje cultivar uma região marginal para o milho ou não puder proporcionar boas condições de manejo da lavoura (adubação, densidade populacional, uniformidade de semeadura, controle de ervas daninhas e irrigação, entre outros), o uso de variedades híbridas poderá não proporcionar uma resposta superior.

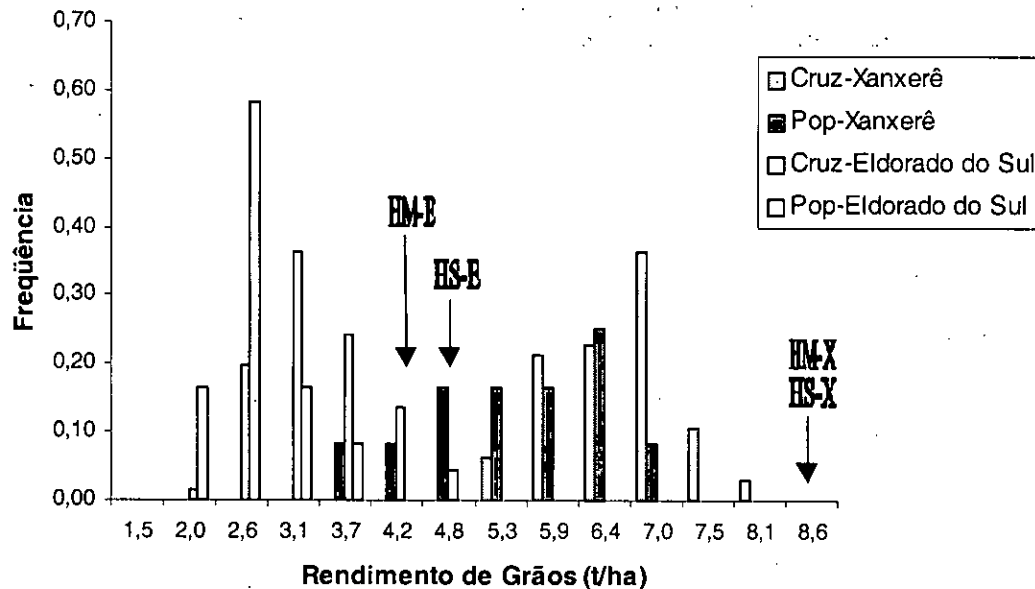


FIGURA 1 - Distribuição de frequência do caráter rendimento de grãos para 12 populações e seus 66 híbridos intervarietais, híbrido comercial superior (HS) e híbrido comercial médio (HM), avaliados em Eldorado do Sul (E) e Xanxerê (X). 1997/98.

CONCLUSÕES

- A expressão da heterose é dependente do ambiente em que as variedades são cultivadas, sendo que ambientes superiores favorecem sua manifestação;
- Os híbridos comerciais testados não são inferiores às populações paternas e aos cruzamentos interpopulacionais para o caracteres avaliados; entretanto, conforme as condições de ambiente, o comportamento dos diferentes tipos de variedades apresentou similaridade;

BIBLIOGRAFIA CITADA

- FEHR, W.R. **Principles of cultivar development**. Volume 1: Theory and technique. New York: McGraw-Hill, Inc., 1987.
- FALCONER, D. S. **Introduction to quantitative genetics**. 3.ed. Harlow: Longman Scientific and Technical, 1987.
- GRIFFING, B. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing system. **Australian Journal of Biological Science**, 9:463-493, 1956.
- HALLAUER, A. R.; MIRANDA FILHO, J. B. **Quantitative genetics in maize breeding**. 2.ed. Ames: Iowa State University Press, 1988.
- MEDEIROS, J. B.; SILVA, P.R.F. Efeitos de níveis de nitrogênio e densidades de plantas sobre o rendimento de grãos e outras características agrônomicas de duas cultivares de milho (*Zea mays* L.). **Agronomia Sulriograndense**, 11: 227-249, 1975.
- NORDEN, A. J. Response of corn (*Zea mays* L.) to population, bed height, and genotype on poorly drained sandy soil II. Top growth and root relationship. **Agronomy Journal**, 58: 299-302, 1966.
- PEIXOTO, C. M.; SILVA, P.R.F.; REZERA, F.; CARMONA, R.C. Produtividade de híbridos de milho em função da densidade de plantas, em dois níveis de manejo de água e da adubação. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, 3: 63-7, 1997.
- RITCHIE, S. W.; BENSON, G. O.; LUPKES, S. J.; SALVADOR, R.J. **Corn Grows**. <http://www.ag.aistate.edu/departments/agronomy/corngrows.html>, 1998.
- SAS INSTITUTE. **SAS user guide: Statistics**. Cary: SAS Institute, 1988.
- STUBER, C. W. Heterosis in plant breeding. **Plant Breeding Reviews**, 12: 227-251, 1994.

VARIABILIDADE GENÉTICA PARA VELOCIDADE DE GERMINAÇÃO EM SEMENTES DE FEIJÃO (*Phaseolus vulgaris* L.)

BEATRIZ M. EMYGDIO¹, LÚCIA A. DE O. LOBATO², IRAJÁ F. ANTUNES³ e EXPEDITO P. SILVEIRA⁴

RESUMO - O objetivo deste trabalho foi examinar a possível existência de variabilidade genética para velocidade de germinação em feijão. Foram avaliados, em casa de vegetação, 101 genótipos. Sementes produzidas em casa de vegetação foram semeadas em caixas plásticas em profundidades de 2,5 e 8,0 cm. O delineamento experimental foi de blocos casualizados com duas repetições, sendo amostradas seis sementes por repetição. A avaliação, realizada a partir do Índice de Emergência, revelou diferenças nas respostas às profundidades das sementes, não havendo significância na interação cultivar x profundidade. Noventa e oito cultivares formaram o grupo estatisticamente superior e três, o grupo inferior. Dentre estes últimos, dois são feijões-de-vagem. Conclui-se que há pouca variabilidade para o caráter no germoplasma estudado, e que feijões-de-vagem podem ser melhorados para este caráter. Houve diferenças significativas entre genótipos oriundos de diferentes locais, sugerindo que a seleção natural possa atuar de forma diferenciada em ambientes diversos.

Palavras-chave: semente, vigor, emergência.

GENETIC VARIABILITY FOR SPEED OF GERMINATION IN BEAN (*Phaseolus vulgaris* L.) SEEDS

ABSTRACT - This work was designed to investigate the possible existence of genetic variability for speed of germination in bean seeds. Hundred and one genotypes, three of them green beans and the remainder dry beans, were evaluated in greenhouse. Greenhouse produced seeds were sowed in plastic boxes at depths of 2.5 and 8.0 cm. A randomized complete block design with two replications and six seeds per plot, was performed. Analysis of speed of germination, evaluated through an Emergence Index, indicated significant differences for seed placement depth and no significant differences for seed placement depth x cultivar interaction. A superior group comprised 98 genotypes, whereas the inferior one, comprised the three others, two of which are green bean types. The conclusions are: low variability was detected for the character germination speed within this germplasm; green beans might be improved; germplasm collected from different locations presented different behavior suggesting that natural selection might act differently in different environments.

Key words: seed, vigor, emergence.

INTRODUÇÃO

O rápido estabelecimento das plantas no solo, após a semeadura, é um fator reconhecido como fundamental ao sucesso de cultivos anuais. Esta assertiva cresce em significado, quando são consideradas áreas sujeitas à ocorrência de fatores negativos a este estabelecimento, como baixas temperaturas, encharcamento ou formação de camadas superficiais endurecidas nos solos (crostas).

Neste cenário, o vigor da semente expressa a característica a ser medida, capaz de garantir o

estabelecimento de uma cultura.

Os pesquisadores têm concentrado esforços principalmente para decifrar os efeitos do tamanho da semente sobre o estabelecimento da espécie no campo. Resultados têm sido controversos. Alguns apontam que sementes pequenas apresentam maior velocidade de germinação e emergência em trigo (LAFOND e BAKER, 1986) e em soja (HOY e GAMBLE, 1987); outros, que sementes pequenas apresentam menor capacidade de emergência a campo (BURRIS et al., 1973). Um terceiro grupo, aponta que não há qualquer relação entre tamanho

¹Biól., Mestre, UFPEL - FAEM, Cx. Postal 354, CEP 96010-900, Pelotas, RS.

²Engº Agrº, Bolsista da FAPERGS.

³Engº Agrº, Doutor, Pesquisador na EMBRAPA Clima Temperado, Cx. Postal 403, CEP 96001-970, Pelotas, RS.

⁴Engº Agrº, Mestre, Pesquisador na EMBRAPA Clima Temperado, Cx. Postal 403, CEP 96001-970, Pelotas, RS.

Recebido para publicação em 12/07/1999.

de semente e velocidades de germinação e emergência (PINTHUS e KIMEL, 1979).

Uma das possíveis causas para a diferenciação em velocidade de emergência a partir de sementes de diferentes tamanhos, seria a posição da semente na vagem e da vagem na planta (PINTHUS e KIMEL, 1979). Assim, ao considerar a capacidade de deslocamento de um peso de 65 g, um parâmetro estreitamente relacionado à velocidade de emergência, HOWLE e CAVINESS (1988) encontraram em soja, que as sementes oriundas de vagens situadas no terço superior da planta apresentaram uma capacidade de emergência superior a daquelas oriundas dos dois terços inferiores. Igualmente, encontraram uma ausência de interação significativa entre cultivar e posição da semente na planta, comum às 15 cultivares estudadas. A posição da semente na vagem, no referido estudo, não resultou em diferenças na velocidade de germinação. Por sua vez, TAYLOR e TEN BROECK (1988) apontam que uma simples razão de ordem física, a pressão ascendente exercida pela semente sobre o solo, seria a causa de diferenças em velocidade de emergência. Sementes menores exerceriam maior pressão sobre o solo (expressa como a razão entre força e área), em comparação com sementes maiores, proporcionando maior velocidade de germinação.

Igualmente importante, é o fato constatado de que sementes que produzem mais rapidamente plântulas vigorosas, também produzem maior rendimento de grãos. Este fato foi comprovado em soja por BURRIS et al. (1973) e PINTHUS e KIMEL (1979), muito embora JOHNSON e WAX (1978) e HOY e GAMBLE (1987) não tenham encontrado tal relação.

Número bem menor de trabalhos tem investigado um aspecto de capital importância ao considerar-se o vigor de sementes: a existência ou não de variabilidade genética para este caráter. Enquanto os estudos do vigor da semente com base nos efeitos ambientais externos, bióticos ou abióticos, e também nos internos, podem levar a uma melhoria de um dado cultivar, dentro do limite estabelecido por seu potencial genético, a existência de variabilidade genética, poderia conduzir ao incremento deste potencial, via melhoramento. Em autógamas, a variabilidade genética para velocidade de emergência tem sido detectada em soja (HOWLE e CAVINESS, 1988), trigo (LAFOND e BAKER, 1986) e feijão (OTUBO, 1994). Também em milho,

EAGLES (1988) detectou variabilidade genética. Os estudos de herança apontam que efeitos aditivos predominam tanto em milho como em feijão (EAGLES, 1988; OTUBO, 1994), sendo que em milho, sob baixas temperaturas, manifestou-se dominância parcial na direção de uma germinação mais rápida. Os trabalhos de OTUBO (1994) com feijão detectaram diferenças em velocidade de germinação, a baixas temperaturas, apesar de serem analisados apenas dez genótipos.

O presente estudo teve por objetivo detectar variabilidade genética para velocidade de germinação em feijão num planossolo, classe Pelotas, sob condições de casa de vegetação a partir de diferentes profundidades da semente no solo. A presença de variabilidade, para este caráter, propiciaria condições para o desenvolvimento de cultivares aptos a condições adversas de solo, em especial aos planossolos do Rio Grande do Sul, em que o feijão passaria a ser uma nova opção de cultivo em rotação com o arroz.

MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos para determinação da velocidade de germinação expressa através do conceito tecnológico, conforme COPELAND (1967), foram semeados em caixas plásticas com dimensões de 0,80 m de comprimento, 0,40 m de largura e 0,20 m de altura preenchidas com solo do tipo planossolo, classe Pelotas, em casa de vegetação. Em um dos experimentos, os genótipos foram semeados à profundidade de 2,5 cm. No segundo experimento, a profundidade foi de 8,0 cm. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com duas repetições com uma amostragem de seis sementes por repetição, por genótipo.

As sementes de 101 genótipos (Tabela 1) foram colocadas de forma a ficarem com o plano que as corta longitudinalmente, passando pelo hilo, na posição horizontal (MARTINS e CARVALHO, 1991). As determinações sobre a emergência foram feitas a cada dia, pela manhã e pela tarde, sendo consideradas como emergidas as plântulas cujas folhas primárias não mais tocavam o solo.

Os dados, obtidos a partir das observações, foram transformados em um índice denominado Índice de Emergência (IE), de AMARAL (1976), modificado pelos autores, representado por $IE = \frac{P}{DC}_1 + \frac{P}{DC}_2 + \frac{P}{DC}_3 + \dots + \frac{P}{DC}_i$,

em que P é o número de plântulas emergidas no dia em que foi realizada a contagem, e DC é o dia da contagem.

Foram realizadas duas contagens diárias, uma pela manhã e outra pela tarde. A leitura da tarde representou uma fração de dia igual a 0,5. Assim a leitura da manhã, por exemplo, foi representada por 4 e a da tarde por 4,5, quando do quarto dia.

Procedeu-se à análise de variância para cada uma das profundidades e para a combinação de ambas. A comparação entre as médias dos diversos genótipos foi realizada pelo teste de Duncan.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância revelou efeitos significativos ($P \geq 0,01$) para cultivares em qualquer das profundidades de semeadura. Observou-se, através da análise conjunta, a inexistência da interação cultivar x profundidade de semeadura, o que significa que o comportamento dos cultivares foi independente da profundidade considerada.

A ausência da interação cultivar x profundidade de semeadura fez com que a análise das médias pelo teste de Duncan, fosse realizada considerando as profundidades em conjunto. Os resultados encontram-se na Tabela 1.

TABELA 1 - Médias de 101 genótipos de feijão para Índice de Emergência (IE)¹. Pelotas, 1996

Genótipo	IE
1. CPATB665*	1,152 a
2. CARIOCA**	1,147 a
3. CPATB452*	1,147 a
4. FT 88-67	1,137 a
5. IAPAR 14	1,127 a
6. CNF 5497	1,125 a
7. LM 21135	1,122 a
8. LM 21132	1,117 a
9. FT 85-113	1,115 a
10. G 7199	1,107 a
11. BARRIGA VERDE	1,107 a
12. FT 84-75	1,097 a
13. BAT 429	1,092 a
14. M 89-70	1,090 a
15. PRETO 132	1,090 a
16. ICA TUI	1,090 a
17. M 89-242	1,087 a
18. FT 86-14	1,087 a
19. IAPAR 14	1,082 a
20. PAMPA	1,082 a
21. COMPUESTO CHIMALTENANGO-2	1,082 a
22. G4000	1,080 a
23. MP 89-71	1,077 a
24. RIO NEGRO	1,077 a
25. TURRIALBA 4	1,077 a
26. M 89-91-1	1,075 a
27. GUATEIAN 6662**	1,072 a
28. NAG 143	1,072 a
29. A 643	1,072 a
30. CNF 5491	1,072 a
31. AN 910911	1,070 a
32. FT 86-260	1,070 a
33. MACANUDO**	1,067 a
34. C 872198	1,067 a
35. TURRIALBA 1	1,065 a
36. 86-1210	1,062 a
37. FPGCF 085	1,062 a
38. M 89-73-1	1,060 a

Genótipo	IE
39. CAPIXABA PRECOCE	1,060 a
40. MEXICO 309	1,060 a
41. CUVA 168-N	1,057 a
42. AN 730038	1,057 a
43. 89FPGCF 017	1,055 a
44. LÂ 120164	1,055 a
45. M 89-87	1,052 a
46. FT 206**	1,052 a
47. FT 86-9	1,052 a
48. PORRILLO 1	1,052 a
49. EMPASC 201	1,050 a
50. CNF 3975	1,050 a
51. ICA PIJAO	1,047 a
52. IAPAR 44**	1,045 a
53. IAPAR BAC 87-96	1,045 a
54. M 89-66-1	1,040 a
55. ICA TUI-SEL	1,040 a
56. ESAL 1	1,037 a
57. A 521	1,037 a
58. RIO DOCE	1,035 a
59. FT 120**	1,035 a
60. FT 88-283	1,025 a
61. MACOTAÇO**	1,020 a
62. IAPAR BAC 296	1,020 a
63. EG 70-913	1,017 a
64. 86-216	1,017 a
65. M 89-86	1,017 a
66. FT 85-510	1,017 a
67. DOR 352	1,012 a
68. MINUANO**	1,012 a
69. FT 88-320	1,012 a
70. MACANUDO S.IR.	1,010 a
71. 89FPGTB 009	1,010 a
72. PORRILLO 70	1,007 a
73. CNF 5483	1,007 a
74. FT 85-163	0,995 a
75. GUAPO BRILHANTE**	0,995 a
76. HONDURAS 35	0,995 a
77. RIO TIBAGI**	0,992 a
78. VENEZUELA 350	0,990 a
79. CF 810307	0,987 a
80. IAPAR 31**	0,987 a
81. FT TARUMÃ	0,987 a
82. W 22-50	0,985 a
83. LM 30063	0,985 a
84. 86 533	0,985 a
85. W 22-55	0,985 a
86. FT 85-22	0,982 a
87. AN 730354	0,977 a
88. M 89-85-1	0,977 a
89. IAPAR 16	0,975 a
90. PORRILLO SINTETICO	0,975 a
91. FT 85-391	0,970 a
92. FT 85-10	0,970 a
93. CPATB 473*	0,960 a
94. A 481	0,960 a

Genótipo	IE
95. FT 87-183	0.957 a
96. 6185***	0.940 a
97. IAPAR BAC 31	0.927 a
98. DIAMANTE NEGRO	0.912 a
99. F.VAGEM AMARELO TREPADOR***	0.705 b
100. F.VAGEM MACARRÃO***	0.577 b
101. CPATB 701*	0.522 b

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância de 0.05.

'Médias separadas por linha horizontal representam os treze genótipos superiores à média mais um desvio padrão.

*: Germoplasma oriundo de coletas.

** : Cultivar indicado para cultivo no Rio Grande do Sul, no ano agrícola 1998/99.

***: Cultivar de feijão-de-vagem

Dois grupos distintos foram estabelecidos para o índice de emergência; o primeiro deles, compreendeu 98 genótipos, enquanto o segundo, apenas três.

Considerando-se como ponto de referência a média, somada de um desvio padrão, treze genótipos revelaram-se superiores a este valor.

Dentre estes genótipos, dois (CPATB 665 e CPATB 452) são oriundos de coletas realizadas em pequenas propriedades do Rio Grande do Sul; três (Carioca, Barriga Verde e IAPAR 14) são cultivares recomendados para cultivo no Rio Grande do Sul (Carioca), Santa Catarina (Carioca e Barriga Verde) e Paraná (Carioca e IAPAR 14); três são linhas oriundas do programa de melhoramento da EMBRAPA (CNF 5497, LM 21135 e LM 21132); três são linhas do programa da FT sementes (FT 88-67, FT 85-113 e FT 84-75) e duas são oriundas do Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), localizado na Colômbia (G 7199 e BAT 429). Dentre os onze cultivares indicados para cultivo no Rio Grande do Sul, no ano agrícola 1998/99, que compuseram o experimento, apenas Carioca incluiu-se entre os treze que superaram a média mais um desvio padrão. Os demais cultivares não diferiram estatisticamente de Carioca ou entre si, indicando não haver variabilidade para velocidade de germinação a ser explorada neste germoplasma. A análise dos quatro genótipos, oriundos de coleta junto a produtores (cultivares locais ou "land races"); revela que dois deles - CPATB 665 e CPATB 452 - estiveram, considerando todos os genótipos estudados, entre os três numericamente superiores. Por outro lado, os dois outros - CPATB 473 e CPATB 701 - estiveram entre aqueles de menor IE, sendo que CPATB 701 foi considerado como um dos três genótipos estatisticamente inferiores. Esta constatação, quanto a genótipos

oriundos de coletas, afasta a hipótese de que a seleção natural pudesse favorecê-los indiscriminadamente pela sua ação, ano após ano, sobre as sementeiras realizadas pelos próprios produtores, utilizando a sua própria semente. Esta, tenderia a fazer prevalecer, na população, genes que propiciassem uma emergência mais rápida, atuando conseqüentemente, como mecanismo de escape às situações adversas, encontradas pelas sementes quando ainda no solo. O que é constatado, é que a seleção natural pode atuar de forma diferenciada, de acordo com o ambiente.

Torna-se interessante apontar que dentre os 101 genótipos testados, apresentaram-se estatisticamente inferiores quanto ao IE, os genótipos Feijão Vagem Amarelo Trepador, Feijão Vagem Macarrão e CPATB 701. Observa-se que, apenas os dois primeiros e o genótipo 6185 são feijões-de-vagem. Aparentemente, esta é a única característica que os torna diferentes dos demais. Mesmo não aparecendo no grupo dos genótipos com IE estatisticamente inferior, 6185 classificou-se em nonagésimo-sexto lugar, ou seja, muito próximo dos mesmos.

É sabido, que feijões-de-vagem apresentam caracteristicamente, uma vagem pergaminhosa, com pouca fibra, sendo a separação de sementes e vagens notoriamente mais difícil do que em feijões que se destinam ao consumo dos grãos secos. É possível, que fatores associados ao tipo de formação estrutural da vagem possam estar associados a fatores promotores de uma mais baixa velocidade de emergência das sementes.

Os resultados apontam para a existência de limitada variabilidade genética para velocidade de germinação no germoplasma estudado. Entretanto, os cultivares de feijão-de-vagem poderiam ser melhorados quanto à esta característica.

CONCLUSÕES

- Detectou-se variabilidade para velocidade de germinação dentre os genótipos testados;
- Não há variabilidade para este caráter dentre os cultivares recomendados para cultivo no Rio Grande do Sul, que possa ser explorada em programas de melhoramento;
- Os cultivares de feijão-de-vagem apresentam Índices de Emergência muito baixos, sugerindo que possam ser melhorados no que se refere a esta característica.

BIBLIOGRAFIA CITADA

- AMARAL, E. **Alguns problemas de estatística aplicada em análise de sementes**. Curso de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes. Universidade Federal de Pelotas. Pelotas: UFPEL, 1976. 6p. (mimeografado)
- BURRIS, J.S.; EDJE, O.T.; WAHAB, A.H. Effects of seed size on seedling performance in soybeans. II. Seedling growth and photosynthesis and field performance. **Crop Science**, Madison, v.13, n.2, p. 207-210, 1973.
- COPELAND, L.O. **Principles of seed science and technology**. Minneapolis: 1967. 369p.
- EAGLES, H.A. Inheritance of emergence time at low temperatures in segregating generations of maize. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v.76, p. 459-464, 1988.
- HOWLE, D.S.; CAVINESS, C.E. Influence of cultivar and seed characteristics on vertical weight displacement of soybean seedlings. **Crop Science**, Madison, v.28, n.2, p.321-324, 1988.
- HOY, D.J.; GAMBLE, E.E. Field performance in soybean with seeds of differing size and density. **Crop Science**, Madison, v.27, n.1, p. 121-126, 1987.
- JOHNSON, R.R.; WAX, L.M. Relationship of soybean germination and vigor tests to field performance. **Agronomy Journal**, Madison, v.70, n.2, p. 273-278, 1978.
- LAFOND, G.P.; BAKER, R.J. Effects of genotype and seed size on speed of emergence and seedling vigor in nine spring wheat cultivars. **Crop Science**, Madison, v.26, n.2, p. 341-346, 1986.
- MARTINS, C.C.; CARVALHO, N.M. Efeito da posição da semente na semeadura sobre a emergência do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) e da soja (*Glycine max* (L.) Merrill). In: **Informativo ABRATES**, Brasília, v.1, n.4, p. 51, 1991.
- OTUBO, S.T. **Controle genético da tolerância de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) a baixas temperaturas na fase de germinação**. Lavras: ESAL, 1994. 50 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura de Lavras, UFLA, 1994.
- PINTHUS, M.J.; KIMEL, U. Speed of germination as a criterion of seed vigor in soybeans. **Crop Science**, Madison, v.19, n.2, p. 291-292, 1979.
- TAYLOR, A.G.; TEN. BROECK, C.W. Seedling emergence forces of vegetable crops. **Hort Science**, Michigan, v.23, n.2, p. 367-369, 1988.

EFEITO DE RESÍDUOS DE PLANTAS JOVENS DE AVEIA PRETA EM COBERTURA DE SOLO NO CRESCIMENTO INICIAL DO MILHO

CLAYTON GIANI BORTOLINI¹, PAULO REGIS FERREIRA DA SILVA², GILBER ARGENTA³

RESUMO - Com o objetivo de avaliar o efeito da adubação nitrogenada aplicada na aveia preta (*Avena strigosa*) e da quantidade de palha da mesma em cobertura de solo sobre o crescimento inicial de plantas de milho, realizou-se um experimento em casa-de-vegetação na Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, em Porto Alegre/Rio Grande do Sul. Os tratamentos constaram de três níveis de nitrogênio (0, 15 e 40 kg/ha) aplicados no início do afilhamento da aveia e de duas quantidades de palha de aveia (3 e 6 t/ha) como cobertura de solo para a cultura do milho. Um tratamento sem cobertura de solo foi incluído como testemunha. A adubação nitrogenada aplicada na aveia aumentou o seu rendimento de massa seca e a quantidade de nitrogênio absorvida por planta, reduzindo a relação carbono/nitrogênio da palha. A elevação da dose de nitrogênio aplicada na aveia preta e da quantidade de palha de aveia utilizada em cobertura de solo aumentou a altura, a produção de massa seca e a quantidade de nitrogênio absorvida por planta de milho. Nas variáveis analisadas no milho, os valores obtidos nos tratamentos que receberam palha de aveia em cobertura de solo foram superiores aos do tratamento testemunha (sem cobertura).

Palavras-chave: nitrogênio, tecido vegetal, velocidade de decomposição, resíduos vegetais, absorção de nitrogênio pelo milho, *Avena strigosa*.

RESIDUE EFFECT YOUNG OAT PLANTS AS SOIL COVER ON INITIAL GROWTH OF MAIZE

ABSTRACT – In order to evaluate the effect of nitrogen supply in black oat (*Avena strigosa*) and the quantity of oat straw as a soil cover on initial growth of maize plants, a trial was conducted in greenhouse conditions, in Porto Alegre/Rio Grande do Sul, Brazil. Treatments consisted of three nitrogen levels (0, 15 and 40 kg/ha) applied at the beginning of the tillering stage of oat and two amounts of oat straw as soil cover (3 and 6 t/ha). One treatment without oat straw was included. Nitrogen fertilization in oat increased dry matter yield and nitrogen uptake by plant and decreased carbon/nitrogen ratio of oat straw. The increase of the nitrogen level applied on oat and the oat straw quantity used as soil cover increased height, dry matter production and nitrogen uptake by corn plants. The variables analysed in corn plants were higher in the treatments with soil cover than in the check without soil cover.

Key words: nitrogen, plant tissue, rate of decomposition, plant residue, nitrogen release by oat straw, *Avena strigosa*.

INTRODUÇÃO

Com a crescente utilização do sistema de semeadura direta, novas tecnologias vem sendo estudadas para aumentar a produtividade das culturas e diminuir as perdas de solo que ocorrem no sistema convencional. A semeadura direta tem como princípio fundamental a implantação de culturas, sem revolvimento de solo, sobre uma cobertura vegetal proveniente de resíduos de culturas

já colhidas, ou implantadas com a finalidade única de cobertura de solo.

A viabilidade de formação de resíduos culturais sobre o solo por culturas de inverno, com vantagens para as de verão, é destacada por DERPSCH et al. (1985). Estes benefícios consistem na melhoria das condições da superfície do solo, maior estabilidade térmica, maior conservação da umidade do solo e melhoria nas características físicas e químicas do solo.

¹ Eng. Agr. - Estudante de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia da UFRGS. Caixa Postal 776. CEP 91501-970, Porto Alegre/RS. Bolsista da CAPES.

² Eng. Agr. - Ph.D., Professor Adjunto do Departamento de Plantas de Lavoura da Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Pesquisador do CNPq.

³ Eng. Agr. - M.Sc., Estudante de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia da UFRGS. Bolsista do CNPq. Recebido para publicação em 12/08/1999.

Um dos requisitos do sistema de semeadura direta é a formação de adequada camada de massa seca (MS) sobre o solo. Dispõe-se de várias espécies de cobertura de solo com características adequadas ou inadequadas ao sistema de semeadura direta e/ou ao rendimento de grãos de milho. Para beneficiar o sistema de semeadura direta, as espécies de cobertura devem proporcionar proteção do solo e melhoria de suas características físicas e químicas e, para a cultura subsequente, devem incrementar o rendimento de grãos e o suprimento de nitrogênio (N) (AITA, 1997).

As leguminosas incorporam N ao solo devido à fixação simbiótica, propiciando aumento da disponibilidade deste nutriente, economia na adubação nitrogenada (UTOMO et al., 1990) e, geralmente, incremento no rendimento de grãos de milho cultivado em sucessão. O inconveniente dessas espécies é a alta taxa de decomposição de seus resíduos, verificada principalmente logo após a dessecação com herbicidas não seletivos (DA ROS e AITA, 1996), fato que deixa o solo desprotegido muito rapidamente.

A elevada produção de massa seca, facilidade de aquisição de sementes e de implantação do cultivo, rusticidade (SÁ, 1996) e a rapidez de formação de cobertura (DA ROS e AITA, 1996) fazem da aveia preta (*Avena strigosa* Scheid) a espécie de cobertura de solo mais utilizada no sul do Brasil para cultivo do milho em sucessão, no sistema de semeadura direta (AITA, 1997). Dentre seus benefícios, relacionam-se a melhoria das características físicas e químicas do solo e a boa proteção do solo proporcionada por seus resíduos. Apesar destas vantagens, o cultivo da aveia apresenta algumas restrições para a cultura do milho em sucessão, por ocasionar deficiências nutricionais no seu crescimento inicial, principalmente em relação ao N, que podem limitar o rendimento de grãos.

Para amenizar a redução do rendimento de grãos em função da deficiência de N, durante o início do crescimento do milho em sucessão à aveia preta, algumas alternativas vem sendo estudadas. Uma delas é a aplicação antecipada de N, ou seja, no momento da dessecação da aveia preta e antecedendo a semeadura do milho no sistema de semeadura direta. Outro método estudado consiste na antecipação da aplicação de parte da adubação nitrogenada do milho para o período de desenvolvimento vegetativo da aveia. Ele baseia-se

no acúmulo de N nos tecidos de aveia tornando-o disponível para o milho em seqüência, através da mineralização de seus resíduos (CERETTA, 1997).

A intensidade de decomposição e liberação de nutrientes de resíduos de plantas depende da temperatura e umidade do solo, da atividade microbiológica e da relação C/N, que influencia diretamente as taxas de mineralização e imobilização de N pelos microrganismos no solo e, conseqüentemente, ocorre a disponibilidade de nutrientes para a cultura em sucessão (SÁ, 1993). Resíduos vegetais com relação C/N entre 23 e 24 favorecem a mineralização, aumentando o suprimento de N para plantas de espécies não leguminosas (DERPSCH et al., 1985). Pelo fato da palha da aveia apresentar alta relação C/N, de 38 a 42 (AITA et al., 1994), e apresentar baixa taxa de decomposição (VELLOSO e ROMAN, 1993), os microrganismos imobilizam, temporariamente, o N do solo durante a decomposição da sua fitomassa (ARGENTA et al., 1997).

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da adubação nitrogenada aplicada no estágio inicial de afilhamento da aveia preta e da quantidade de palha de plantas da mesma com 30 dias de idade adicionada em cobertura do solo sobre o crescimento inicial da planta de milho.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento consistiu no cultivo de aveia preta em canteiros, em área telada, e de milho em vasos, em casa-de-vegetação, no Departamento de Plantas de Lavoura, da Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, UFRGS, em Porto Alegre/RS. A análise do solo utilizado nos canteiros e nos vasos indicou os seguintes valores: argila 15%, pH em água de 6,0, teor de matéria orgânica de 2,9% e teores de fósforo e potássio de 143 e 122 mg L⁻¹, respectivamente.

Os tratamentos consistiram em três níveis de N aplicados na aveia (zero, 15 e 40 kg.ha⁻¹) e de duas quantidades de palha de aveia (3 e 6 t.ha⁻¹) colocadas em cobertura nos vasos de milho. Um tratamento sem palha de aveia foi incluído como testemunha. O delineamento experimental utilizado foi o completamente casualizado, em fatorial 3x2.

A semeadura da aveia foi realizada no dia 25 de março de 1998 em canteiros (caixotes de madeira) com dimensões de 1,10 x 1,61 x 0,25m, na densidade de 120 kg.ha⁻¹ de sementes, sendo estas incorporadas

à profundidade de 1 a 3 cm. Utilizou-se um canteiro para cada um dos três níveis de adubação nitrogenada testados.

Os níveis de N foram aplicados aos 12 dias após a emergência (DAE) quando a aveia se encontrava no estágio inicial de afilhamento. Aos 30 DAE, as plantas foram cortadas rente ao solo, sendo a parte aérea seca em estufa a 65°C, até atingir peso constante. A palha de aveia foi utilizada como cobertura de solo nos vasos em que foi cultivado milho.

O milho foi semeado em vasos, com capacidade de cinco litros, em solo previamente adubado. Utilizou-se a adubação equivalente a 80 kg.ha⁻¹ de P O e 100 kg.ha⁻¹ de K O. As plantas não receberam adubação nitrogenada durante todo o período experimental. Na semeadura, foram utilizadas oito sementes/vaso, incorporadas à profundidade de 2 a 4 cm. Logo após a semeadura, colocou-se palha de aveia nas quantidades correspondentes a 3 e 6 t.ha⁻¹. Aos 4 DAE do milho, estando as plantas com duas folhas completamente expandidas, foi realizado desbaste, deixando-se três plantas/vaso. Aos 25 DAE, correspondendo ao estágio de três a quatro folhas completamente expandidas, determinou-se a altura de planta. Em seguida, as plantas foram cortadas rente ao solo e secas em estufa a 65°C, até atingir peso constante.

Na aveia, avaliou-se o rendimento de MS aos 30 DAE, através da coleta da parte aérea das plantas presentes em cada um dos três canteiros. A relação C/N da palha foi obtida quando da sua colocação nos vasos, através da determinação dos teores de N e carbono (C) na parte aérea da planta, segundo metodologia descrita por TEDESCO et al. (1985). A quantidade de resíduos de palha de aveia remanescente por ocasião do corte das plantas de milho foi determinada pela coleta e pesagem dos resíduos presentes aos 30 dias após sua colocação

sobre o solo dos vasos. Em todas as avaliações realizadas na aveia não foram utilizadas repetições.

No milho, determinou-se a altura de planta, a produção de MS por planta, o teor e a quantidade de N absorvida por planta, em três repetições. A altura de planta foi obtida, considerando-se como medida a distância do colo da planta ao ápice da folha maior esticada verticalmente. A produção de MS por planta foi obtida através da coleta e pesagem da massa seca da parte aérea das três plantas/vaso, após terem sido secas em estufa. O teor de N no tecido da planta de milho foi avaliado segundo metodologia descrita por TEDESCO et al. (1985). A quantidade de N absorvida por planta foi obtida multiplicando-se o teor de N pela produção de MS.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, com a comparação de médias sendo feita pelo teste de Duncan, ao nível de 5 % de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O rendimento de MS de aveia preta variou em função da adubação nitrogenada. Com aplicação de 15 e 40 kg/ha de N, o rendimento de MS foi 77 e 95% maior em relação ao tratamento sem adubação nitrogenada (TABELA 1). Este resultado foi devido à aplicação de N, durante o ciclo da aveia (CERETTA, 1997), beneficiando o sistema de semeadura direta. Além do aumento no rendimento de MS, a aplicação de 15 e 40 kg.ha⁻¹ de N na aveia também aumentou o teor deste nutriente na palha em 15 e 45% em relação ao tratamento sem adubação nitrogenada (TABELA 1). A quantidade de N absorvido pelas plantas de aveia nos tratamentos que receberam 15 e 40 kg.ha⁻¹ de N foi 105 e 185 % maior do que no tratamento sem adubação nitrogenada.

TABELA 1 - Rendimento de massa seca, teor de N, quantidade de N absorvida e relação C/N da palha de aveia preta aos 30 dias após a emergência e percentagem de resíduos de aveia remanescentes aos 25 dias após a emergência do milho, cultivado sob três níveis de adubação nitrogenada. Porto Alegre, RS, 1998

Nível de N (kg/ha)	Aveia preta*				
	Rendimento de MS (g/m ²)	Teor de N (%)	Quantidade de N absorvida (g/m ²)	Relação C/N	Resíduos remanescentes ¹ (%)
0	36,5	2,09	0,76	20,0	52,5
15	64,9	2,41	1,56	16,9	51,0
40	71,5	3,03	2,17	13,5	47,6

*Tratamentos sem repetição

¹ Percentagem de resíduos remanescentes de aveia aos 30 dias após sua colocação nos vasos em que se cultivou milho, em relação à quantidade inicial adicionada.

A relação C/N da palha de aveia diminuiu à medida que se aumentou a adubação nitrogenada, sendo 15 % e 33 % inferior nos tratamentos com aplicação de 15 e 40 kg.ha⁻¹ de N, respectivamente, em relação ao tratamento sem aplicação de N (TABELA 1). A redução da relação C/N tendeu a aumentar a taxa de decomposição dos resíduos de cobertura, avaliada aos 30 dias após seu corte e colocação sobre os vasos. SÁ (1993), verificou que a taxa de decomposição da palha é inversamente proporcional à relação C/N, ou seja, quanto maior a relação C/N menor a taxa de decomposição do resíduo, e segundo relatado por PAVINATTO et al. (1994) esta taxa de decomposição de resíduos pode afetar o rendimento de grãos do milho cultivado em sucessão. Fato importante é que os valores constantes na TABELA 1 foram obtidos em plantas jovens de aveia com 30 dias de idade, podendo-se esperar variação de acordo com o estágio de desenvolvimento da aveia.

A altura de planta de milho foi maior quando se adicionou 6 t.ha⁻¹ de palha de aveia em relação a 3 t.ha⁻¹, nos três níveis de adubação nitrogenada aplicados no cultivo anterior da aveia, embora estatisticamente não tenha havido diferença no nível de 15 kg.ha⁻¹ de N (TABELA 2). Com 3 t.ha⁻¹ de palha de aveia em cobertura não houve diferença na altura de planta entre os tratamentos com adubação nitrogenada, sendo ambos superiores ao tratamento sem adição de N. Já com 6 t.ha⁻¹ de palha de aveia em cobertura, verificou-se maior altura no tratamento com aplicação de 40 kg.ha⁻¹

de N na aveia em relação aos tratamentos sem N e com 15 t.ha⁻¹ de N. No tratamento testemunha sem palha de aveia, as plantas de milho apresentaram altura 35 e 44% inferior em relação à média dos tratamentos com 3 e 6 t.ha⁻¹ de palha, respectivamente.

A produção de MS e a quantidade de N absorvida por planta de milho aumentaram com a elevação da dose de N aplicada à aveia, e da quantidade de palha de aveia colocada em cobertura nos vasos (TABELA 2). Isto pode ser atribuído ao maior teor de N presente na palha de aveia com a elevação dos níveis de N nela aplicados e, em consequência, à redução da relação C/N. O decréscimo da relação C/N, aliado ao aumento da dose de N e da quantidade de palha de aveia em cobertura, possibilitaram maior liberação de N e, consequentemente, maior absorção deste nutriente pelo milho, aumentando a produção de massa seca por planta. A teoria de armazenagem de N nos tecidos da aveia, proposta por CERETTA (1997) e apoiada por SÁ (1997), aborda a possibilidade do N absorvido pela aveia, durante seu ciclo vegetativo, aumentar a disponibilidade deste nutriente para a cultura em sucessão, estimulando o crescimento inicial do milho. Este fato pode ser constatado nas variáveis analisadas no milho.

A produção de massa seca e a quantidade de N absorvida por planta de milho no tratamento testemunha correspondeu a 38 % e a 29 %, respectivamente, dos valores obtidos na média dos níveis de N nos tratamentos com 3 t.ha⁻¹ de palha.

TABELA 2 - Altura de planta, produção de massa seca e quantidade de nitrogênio (N) absorvido por planta de milho aos 25 dias após a emergência em função da adubação nitrogenada na aveia preta e de duas quantidades de palha de aveia colocada em cobertura nos vasos. Porto Alegre, RS, 1998

Níveis de N na aveia (kg/ha)	Quantidade de palha de aveia em cobertura		Média
	3 t/ha	6 t/ha	
	Altura de planta de milho (cm) ¹		
0	40 B b*	48 A b	-
15	46 A a	49 A b	-
40	48 B a	59 A a	-
C.V. (%) = 4,5	-	-	-
	Produção de massa seca de milho (g/planta)		
0	0,6	1,0	0,8 c
15	0,8	1,2	1,0 b
40	1,1	1,7	1,4 a
Média	0,8 B*	1,3 A	-
C.V. (%) = 12,2			
	Quantidade de N absorvida pelo milho (mg/planta)		
0	7,8	13,7	10,8 c
15	10,8	17,0	13,9 b
40	15,8	28,9	22,4 a
Média	11,5 B	19,9 A	-
C.V. (%) = 12,9			

*Médias seguidas por mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Duncan, ao nível de 5% de probabilidade.

¹A altura de planta, produção de massa seca e quantidade de N absorvido por planta de milho no tratamento testemunha (sem cobertura de palha de aveia) foram de 29 cm, 0,3 g e 3,3 mg, respectivamente.

CONCLUSÕES

A adubação nitrogenada realizada no início do desenvolvimento da aveia preta disponibiliza mais nitrogênio para o crescimento inicial do milho.

A presença de resíduos de plantas jovens de aveia preta em cobertura de solo é benéfica ao crescimento inicial do milho em relação a situações de solo descoberto.

BIBLIOGRAFIA CITADA

- AITA, C. Dinâmica do nitrogênio no solo durante a decomposição de plantas de cobertura: efeito sobre a disponibilidade de nitrogênio para a cultura em sucessão. In: FRIES, M. R.; DALMOLIN, R. S. D. (Coords.). **Atualização em recomendação de adubação e calagem: ênfase em plantio direto**. Santa Maria: Pallotti, 1997. p. 76-111.
- AITA, C.; CERETTA, C.A.; THOMAS, A.L.; PAVINATO, A.; BAYER, C. Espécies de inverno como fonte de nitrogênio para o milho no sistema de cultivo mínimo e feijão em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 18, p. 101-108. 1994.
- ARGENTA, G.; SILVA, P.R.F. da; RIZZARDI, M.A.; BARUFFI, M.C. Manejo do nitrogênio em milho implantado em sucessão a cobertura de inverno. II - Rendimento de grãos. **SEMINÁRIO INTERNACIONAL DO SISTEMA PLANTIO DIRETO**, 2., 1997, Passo Fundo. **Resumos...** Passo Fundo: Aldeia Norte, 1997. p. 229-234.
- CERETTA, C.A. Manejo da adubação nitrogenada na sucessão aveia/milho, no sistema plantio direto. In: FRIES, M. R.; DALMOLIN, R. S. D. (Coord). **Atualização em recomendação de adubação e calagem**. Santa Maria: Pallotti, 1997. p. 112- 124.
- DA ROS, A.O.; AITA, C. Efeito de espécies de inverno na cobertura do solo e fornecimento de nitrogênio ao milho em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 20, p. 135-140, 1996.
- DERPSCH, R.; SIDIRAS, N.; HEINZMANN, F.X. Manejo do solo em coberturas verdes de inverno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 7, p. 761-773, 1985.
- PAVINATTO, A.; AITA, C.; CERETTA, C.A.; BEVILÁQUA, G.P. Resíduos culturais de espécies de inverno e o rendimento de grãos de milho no sistema de cultivo mínimo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 9, p. 1427-1432, 1994.
- SÁ, J.C.M. de. Manejo da fertilidade do solo no sistema de plantio direto. In: EMBRAPA- CNPT; FUNDACEP-FECOTRIGO; FUNDAÇÃO ABC

- (Coord.). **Plantio direto no Brasil**. Passo Fundo: Aldeia Norte, 1993. p. 37-60.
- SÁ, J.C.M. de. **Manejo de nitrogênio na cultura de milho no sistema de plantio direto**. Passo Fundo: Aldeia Norte, 1996. 24 p.
- SÁ, J.C.M. de. Manejo do nitrogênio na cultura do milho no sistema plantio direto. In: FANCELLI, A.L. & DOURADO-NETO, D. **Tecnologia da produção de milho**. Piracicaba. ESALQ/USP/Departamento de Agricultura. 1997. p.84-103.
- TEDESCO, M.J.; VOLKSWEISS, S.J.; BOHNEN, H. **Análise de solo, plantas e outros materiais**, Porto Alegre, Faculdade de Agronomia, Departamento de Solos, UFRGS, 1985. 188p. (Boletim Técnico, 5)
- UTOMO, M.; FRYE, W.W.; BLEVINS, R.L. Sustaining soil nitrogen for corn using hairy vetch cover crop. **Agronomy Journal**, Madison, v.82, n. 5, p. 979-983, 1990.
- VELLOSO, J.A.R.O de; ROMAN, E.S. Controle cultural, coberturas mortas e alelopatias em sistemas conservacionistas. In: EMBRAPA-CNPT; FUNDACEP-FECOTRIGO; FUNDAÇÃO ABC (Coords.). **Plantio direto no Brasil**. Passo Fundo, 1993. p. 77-84.

DETERMINAÇÃO DO MOMENTO DA EMISSÃO DE AFILHOS DE TRIGO USANDO SUPLEMENTAÇÃO COM LUZ VERMELHA E LUZ VERMELHA EXTREMA

MILTON LUIZ DE ALMEIDA¹, LUÍS SANGOI², MÁRCIO ENDER³, PAULO SÉRGIO TRENTIN⁴

RESUMO – Com o objetivo determinar o momento da emissão de afilhos de trigo por meio de suplementação com luz vermelha e luz vermelha extrema foi conduzido um experimento em Lages, Estado de Santa Catarina. Os tratamentos consistiram na aplicação de luz vermelha (V) e luz vermelha extrema (Ve), durante o dia, em diferentes estádios de desenvolvimento das plantas (da emergência à emissão da 2ª folha do colmo principal; da emissão da 2ª à 3ª folha; da emissão da 3ª à 4ª folha; e da emissão da 4ª à 5ª folha). O momento da definição da emissão do afilho A0 ocorreu entre a emergência e a emissão da segunda folha. Já para o A1, A2 e A3, esta definição ocorreu entre a emergência e a emissão da quarta folha

Palavras-chave: massa seca, dominância apical.

DEFINITION OF WHEAT TILLER EMISSION BY RED AND FAR RED LIGHT

ABSTRACT – This experiment was performed in Lages, Santa Catarina, to determine the moment of wheat tiller emission through the addition of red and far red light. Treatments involved the application of red (R) and far red (FR) light during the day time, at different growth stages (from emergence to emission of the 2nd leaf on the main stem; between the emission of 2nd and 3rd leaf; 3rd and 4th leaf; and 4th and 5th leaf). The definition about the emission of tiller A0 was set between emergence and the emission of wheat's second leaf. For A1, A2 and A3, this decision was made between plant emergence and the emission of the fourth leaf.

Key words: dry mass, apical dominance.

INTRODUÇÃO

Em comunidades de plantas, a luz desempenha função primordial na competição entre os indivíduos e na capacidade produtiva (LOOMIS e CONNOR, 1992). SMITH e HOLMES (1977) constataram que, a radiação vermelha extrema refletida pelas folhas pode atuar como um sinal precoce da competição, que ocorre no desenvolvimento da comunidade de plantas, antes mesmo de qualquer redução na radiação fotossinteticamente ativa. A detecção da luz vermelha (V) e da luz vermelha extrema (Ve) é feita pelo fitocromo, que transfere a excitação eletrônica causada pela luz para sinal celular. Através de uma variedade de vias de tradução, o sinal original, que contém a informação sobre a luz, altera o metabolismo celular e influencia o crescimento e o desenvolvimento das plantas

(BALLARÉ et al., 1987). Este comportamento tem sido atualmente classificado como resposta adaptativa ao sombreamento (BALLARÉ et al., 1997; SCHMITT, 1997; SMITH e WHITELAM, 1997).

A relação entre fitocromo, luz vermelha e luz vermelha extrema com o processo de afilhamento possivelmente esteja na dominância apical. A dominância apical inibe o crescimento de órgãos laterais. O grau desta inibição depende do genótipo, do ambiente e da idade da planta (MARTIN, 1987). A dominância apical é influenciada pela relação V:Ve da radiação incidente (BALLARÉ et al., 1992; SCHMITT e WULFF, 1993). Neste sentido, ALMEIDA (1998) concluiu que o afilhamento de trigo é afetado pela suplementação com luz V e Ve, com efeitos sobre a emissão de afilhos, acumulação e distribuição de massa seca entre afilhos e colmo principal

¹ Eng. Agr., Dr. Professor do Curso de Agronomia da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC). Caixa Postal 281, Lages, SC, CEP 88.520-000. mailto: milton@cav.udesc.br Bolsista do CNPq

² Eng. Agr., Ph.D. Professor do Curso de Agronomia da UDESC. mailto: a2ls@cav.udesc.br

³ Eng. Agr., M.Sc. Professor do Curso de Agronomia da UDESC. mailto: ender@cav.udesc.br

⁴ Bolsista de Iniciação Científica do CNPq.

Recebido para publicação em 10/09/1999.

A emissão, o desenvolvimento e a sobrevivência dos afilhos são importantes pois estas estruturas fazem parte dos componentes do rendimento das plantas e funcionam como prováveis supridores de assimilados ao colmo principal (LAUER e SIMMONS, 1985; 1988; MEROTTO JUNIOR, 1995). O número de afilhos férteis em cereais depende das condições do ambiente, presentes durante a iniciação do primórdio do afilho e nos estádios de desenvolvimento subsequentes. Estresses ambientais, durante a emergência dos afilhos, podem inibir a sua formação e em estádios posteriores podem causar a sua senescência precoce (MAAS et al., 1994). Neste sentido, ALVES (1998) verificou que a diferenciação e a iniciação dos afilhos ocorrem muito cedo em trigo, antes mesmo da emissão da segunda folha. No entanto, segundo este autor, a diferenciação ou iniciação não significa que os afilhos são emitidos externamente. Desta forma, deve haver um momento no período inicial do crescimento das plantas em que há a definição da emissão ou não dos afilhos. O presente trabalho teve como objetivo identificar o momento da decisão da emissão dos afilhos de trigo através da suplementação com a luz vermelha e com a luz vermelha extrema, em diferentes estádios do desenvolvimento inicial das plantas.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em telado, em condições naturais de radiação, em Lages, Estado de Santa Catarina. O delineamento experimental empregado foi o completamente casualizado, com quatro repetições por tratamento. As plantas de trigo (cv Embrapa 16) foram cultivadas em caixas de madeira quadradas, com 1,2 m de lado e 0,30 m de altura. As caixas foram preenchidas com solo mineral que apresentava as seguintes características: 47% de argila; 5,1 de pH (em água); 2,5 mg.kg⁻¹ de P, 52 mg.kg⁻¹ de K, 31 g.kg⁻¹ de matéria orgânica, 3,8 cmol .kg⁻¹ de Al, 2,4 cmol .kg⁻¹ de Ca+Mg. Este solo foi corrigido antecipadamente a instalação do experimento, com uma dose de 7,5 t.ha⁻¹ de calcário, 60 kg.ha⁻¹ de K₂O e 80 kg.ha⁻¹ de P₂O₅, considerando-se uma camada de 30 cm de espessura de solo. Após a realização do experimento, uma análise parcial de solo detectou os seguintes valores: 5,25 de pH (em água); 20,6 mg.kg⁻¹ de P; 125 mg.kg⁻¹ de K; sem Al tóxico.

A instalação do experimento foi em 21 de

abril de 1999, através de sementes pré-germinadas. A pré-germinação foi realizada a uma temperatura aproximada de 23°C e 100% de umidade relativa do ar. As plântulas, apresentando a protusão da radícula, foram plantadas utilizando-se pinça e régua. Utilizou-se esta metodologia para obtenção de maior uniformidade de plântulas, característica indispensável para trabalhos que objetivam avaliar variáveis de crescimento inicial. O espaçamento entre sementes foi de 1,5 cm e entre linhas de 20 cm, o que proporcionou uma densidade de 333 plântulas/m². Em cada caixa foram semeadas seis linhas, orientadas no sentido norte-sul, sendo que cada uma das quatro linhas centrais foi considerada uma repetição. A emergência da primeira folha ocorreu três dias após a implantação do experimento.

O desenvolvimento foliar (número de folhas) foi avaliado através da escala proposta por HAUN (1973). Esta escala descreve o colmo principal e os afilhos separadamente e baseia-se na notação decimal do crescimento das folhas. Assim, por exemplo, a notação de 3,1 corresponde a um colmo com três folhas totalmente expandidas e a quarta folha com 10% do tamanho da terceira. A denominação de folhas e afilhos foi adaptada do padrão utilizado por MASLE (1985). O afilhos foram denominados pela letra A, seguida do número da folha de cujo nó foram originados. Dessa forma: A0 - afilho originado do nó do coleoptile; A1 - afilho originado do nó da primeira folha do colmo principal; A1,1 - afilho originado do nó da primeira folha do A1; An - afilho originado do nó da enésima folha do colmo principal.

Os tratamentos consistiram da aplicação de luz vermelha (V) e luz vermelha extrema (Ve), durante o dia (das 7:00 às 18:00 horas), como descrito a seguir:

- testemunha (sem suplementação luminosa);
- V1 = suplementação com luz Vermelha da emergência até estádio 1,1 do colmo principal, segundo escala Haun (1973);
- V2 = suplementação com luz Vermelha do estádio 1,1 até o estádio 2,1 do CP;
- V3 = suplementação com luz Vermelha do estádio 2,1 até o estádio 3,1 do CP;
- V4 = suplementação com luz Vermelha do estádio 3,1 até o estádio 4,1 do CP;
- Ve1 = suplementação com luz Vermelha extrema da emergência até estádio 1,1 do CP;
- Ve2 = suplementação com luz Vermelha extrema do estádio 1,1 até o estádio 2,1 do CP;

- Ve3= suplementação com luz Vermelha extrema do estádio 2,1 até o estádio 3,1 do CP.

- Ve4= suplementação com luz Vermelha extrema do estádio 3,1 até o estádio 4,1 do CP.

A luz vermelha foi adicionada através da conjugação de duas lâmpadas fluorescentes de 20 W, acopladas em uma calha de 1,0 m de comprimento e duas folhas de papel celofane vermelho, colocadas imediatamente abaixo das lâmpadas. A calha de lâmpadas foi colocada transversalmente ao sentido das linhas das plantas e a 40 cm acima delas. A luz vermelha extrema foi obtida através de dois conjuntos, cada qual com uma lâmpada incandescente de 40 W com duas folhas de papel celofane azul e duas folhas de papel celofane vermelho, colocadas imediatamente abaixo da lâmpada. Os dois conjuntos foram colocados a 40 cm acima das linhas de cultivo e distribuídos de forma equidistante na largura das caixas. O papel celofane, nos dois tipos de suplementação, foi substituído a medida em que havia diminuição de sua coloração, aproximadamente a cada cinco dias.

A fluência aproximada da suplementação com luz vermelha e com luz vermelha extrema foi de $0,012 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{nm}^{-1}$ (CARDOSO, 1995). Estas fluências equivalem a $0,055 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ e a $0,060 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, respectivamente para luz V e Ve, conforme transformação proposta por THIMIJJAN e HEINS (1983). Estes valores são considerados de baixa fluência (TAIZ e ZEIGER, 1991).

As plantas daninhas e pragas foram controladas imediatamente após o seu aparecimento. A coleta das plantas foi realizada 47 dias após a emergência, no estádio 6,0 da escala Haun. As 20 plantas coletadas de cada repetição estavam localizadas embaixo das lâmpadas. Após a coleta, estas plantas foram separadas em colmo principal e

afilhos, sendo os afilhos de ordem mais elevada agrupados com os afilhos primários das mesmas folhas (ex.: A1.1 junto com o A1). Após a separação, o colmo principal e os afilhos foram colocados separadamente em sacos de papel para secagem em estufa de fluxo de ar contínuo, a aproximadamente 60°C , até massa constante. Foram realizadas as seguintes determinações:

- % de afilhos emitidos = percentual de plantas com a presença de cada um dos afilhos primários analisados.

- % total de afilhos emitidos = somatório de todos os afilhos emitidos;

- massa seca dos afilhos emitidos;

- massa seca por afilho = massa seca do afilho dividido pelo número de afilhos emitidos;

- massa seca total dos afilhos emitidos;

- massa seca do colmo principal;

- relação de massa entre colmo principal e afilhos;

Os dados de todos os experimentos foram analisados estatisticamente através da técnica da análise da variância. Quando foi alcançada a significância estatística, as médias foram comparadas pelo teste de Diferença Mínima Significativa (DMS), ao nível de significância de 5%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A adição de luz vermelha e de luz vermelha extrema no início do desenvolvimento das plantas de trigo proporcionou efeito sobre a emissão dos afilhos e sobre a sua acumulação de massa seca. De uma forma geral, a luz vermelha determinou maior emissão de afilhos e afilhos de maior massa seca. Já com luz vermelha extrema ocorreu o inverso.

TABELA 1 - Percentagem de emissão de afilhos (% An) e percentagem total de afilhos em função da aplicação de luz vermelha e luz vermelha extrema em quatro estádios de desenvolvimento de trigo (Cv Embrapa 16). Lages, SC, 1999.

Tratamentos	% de A0	% de A1	% de A2	% de A3	% total de afilhos
Testemunha	1,5 bc*	19,9 bc	80,7 bc	92,3 abc	39,2 b
V 1**	20,7 a	45,8 a	93,6 ab	94,9 ab	51,2 a
V 2	5,9 b	31,3 ab	96,1 a	92,4 abc	46,9 a
V 3	2,1 bc	53,2 a	96,2 a	97,5 ab	50,4 a
V 4	0,0 c	2,0 d	81,12 bc	89,9 bc	34,7 bc
Ve 1	2,8 bc	0,0 d	88,5 abc	100,0 a	38,5 bc
Ve 2	0,9 bc	5,9 cd	74,8 cd	88,7 bc	34,7 bc
Ve 3	1,5 bc	3,7 d	64,5 d	93,7 ab	33,2 c
Ve 4	0,9 bc	2,0 d	87,4 abc	84,8 c	35,2 bc
CV (%)	53,3	41,6	5,9	3,2	5,3

* médias seguidas pela mesma letra na vertical não diferem estatisticamente pelo teste DMS, ao a nível de significância de 5%.

** V1 = vermelho da emergência ao estágio 1.1 da escala Haun; V2 = Vermelho do estágio 1.1 até o estágio 2.1; V3 = Vermelho do estágio 2.1 até o estágio 3.1; V4 = vermelho do estágio 3.1 até o estágio 4.1

Ve1 = Vermelho extremo da emergência até o estágio 1.1 da escala Haun; Ve2 = Vermelho extremo do estágio 1.1 até o estágio 2.1; Ve3 = Vermelho extremo do estágio 2.1 até o estágio 3.1; Ve4 = Vermelho extremo do estágio 3.1 até o estágio 4.1.

TABELA 2 - Acumulação de massa seca (MS) do colmo principal (CP), dos afilhos (An), MS total dos afilhos, e relação de MS do colmo principal com os afilhos (CP/AF) em função da aplicação de luz vermelha e luz vermelha extrema em quatro estádios de desenvolvimento de trigo (Cv Embrapa 16). Lages, SC, 1999.

Tratamentos	MS do CP (g)	MS do A0 (g)	MS do A1 (g)	MS do A2 (g)	MS do A3 (g)	MS dos Afilhos (g)	Relação CP/afilhos
Test	3,8 bcd*	0,0114 b	0,097 bc	0,93 bc	0,62 cd	1,65 bc	2,42 bc
V 1**	4,4 bc	0,0894 a	0,33 b	1,14 b	0,81 b	2,37 b	1,88 cd
V 2	4,5 b	0,0235 b	0,70 a	1,75 a	0,99 a	3,50 a	1,30 e
V 3	5,5 a	0,0208 b	0,94 a	1,56 a	1,07 a	3,60 a	1,59 de
V 4	3,4 d	0,0000 b	0,017 c	0,76 c	0,52 d	1,29 cd	2,76 b
Ve 1	3,6 d	0,0134 b	0,0 c	0,72 cd	0,50 d	1,23 cd	2,90 b
Ve 2	3,8 bcd	0,0072 b	0,054 bc	0,75 c	0,68 bc	1,48 cd	2,58 b
Ve 3	3,7 cd	0,0077 b	0,020 bc	0,39 d	0,57 cd	0,99 d	3,86 a
Ve 4	3,8 bcd	0,0057 b	0,010 c	0,96 bc	0,52 d	1,49 cd	2,60 b
CV (%)	4,7	1,2	9,0	6,6	3,3	8,6	6,5

* médias seguidas pela mesma letra na vertical não diferem estatisticamente pelo teste DMS, ao a nível de significância de 5%.

** V1 = vermelho da emergência ao estágio 1.1 da escala Haun; V2 = Vermelho do estágio 1.1 até o estágio 2.1; V3 = Vermelho do estágio 2.1 até o estágio 3.1; V4 = vermelho do estágio 3.1 até o estágio 4.1

Ve1 = Vermelho extremo da emergência até o estágio 1.1 da escala Haun; Ve2 = Vermelho extremo do estágio 1.1 até o estágio 2.1; Ve3 = Vermelho extremo do estágio 2.1 até o estágio 3.1; Ve4 = Vermelho extremo do estágio 3.1 até o estágio 4.1.

TABELA 3 - Acumulação de massa seca por afilho (MS/AF) em função da aplicação de luz vermelha e luz vermelha extrema em quatro estádios de desenvolvimento de trigo (Cv Embrapa 16). Lages, SC, 1999.

Tratamentos	MS/AF do A0 (mg)	MS/AF do A1 (mg)	MS/AF do A2 (mg)	MS/AF do A3 (mg)
Test	57,2 ns	24,1 bc*	56,6 bc	33,2 cd
V 1**	20,9	34,4 b	62,0 b	42,8 b
V 2	11,0	68,3 a	91,3 a	53,5 a
V 3	6,5	82,0 a	82,2 a	54,9 a
V 4	0,0	18,4 bc	46,4 bcd	28,5 de
Ve 1	8,6	0,0 c	40,3 cd	24,9 e
Ve 2	7,2	13,3 bc	45,0 bc	38,1 bc
Ve 3	3,9	10,5 bc	29,8 d	30,3 cde
Ve 4	5,7	9,2 bc	54,5 bc	30,3 cde
CV(%)	0,5	0,9	0,6	0,3

* médias seguidas pela mesma letra na vertical não diferem estatisticamente pelo teste DMS, ao nível de significância de 5%.

** V1 = vermelho da emergência ao estádio 1.1 da escala Haun; V2 = Vermelho do estádio 1.1 até o estádio 2.1; V3 = Vermelho do estádio 2.1 até o estádio 3.1; V4 = vermelho do estádio 3.1 até o estádio 4.1

Ve1 = Vermelho extremo da emergência até o estádio 1.1 da escala Haun; Ve2 = Vermelho extremo do estádio 1.1 até o estádio 2.1; Ve3 = Vermelho extremo do estádio 2.1 até o estádio 3.1; Ve4 = Vermelho extremo do estádio 3.1 até o estádio 4.1.

Através dos resultados pode-se constatar que a definição da emissão do afilho do nó do coleoptile (A0) ocorreu entre a emergência da primeira folha e a da segunda folha (estádio 1,1 da escala Haun). Isto pode ser afirmado porque a maior emissão deste afilho (20,7%) ocorreu neste estádio, do tratamento com luz vermelha.

Já para os demais tratamentos os percentuais de emissão de afilhos foram inferiores a 5,9%, independente do regime de luz utilizada. Estes baixos valores de emissão do afilho A0 ocorrem por ser o mesmo muito afetado pelo ambiente, sendo emitido somente quando ocorrem condições adequadas de ambiente. Particularmente neste experimento, a baixa emissão do afilho A0 pode ter sido decorrência da densidade de plantas (333 pl.m⁻²) e da temperatura média do ar no momento de sua emissão (da emergência ao estádio 1.1) (17,8 °C). Segundo PETERSON et al. (1982) e LIANG e RICHARDS (1994), o aparecimento do afilho A0 depende do genótipo, da densidade de plantas, da profundidade de semeadura, da temperatura do ar, da radiação e do tamanho da semente. Desta forma, poder-se-ia afirmar que aplicação de luz vermelha proporcionou uma melhoria do ambiente para as plantas, ou seja, no momento da definição da emissão deste afilho (A0), as plantas dispunham de ambiente de melhor qualidade o que determinou a sua maior emissão.

Em relação aos demais afilhos, os resultados não são tão evidentes em torno do momento exato da definição de sua emissão. Os tratamentos com

luz vermelha entre a emergência e o estádio 3,1 determinaram maior percentagem de emissão dos afilhos do nó da primeira (A1), segunda (A2) e terceira folha (A3) e também maior percentagem total de afilhos emitidos. Já a menor emissão foi variável entre afilhos e tratamentos (Tabela 1). Para o total de afilhos emitidos, os menores valores foram obtidos no tratamento com luz vermelha entre os estádios 3,1 e 4,1 e em todos os tratamentos com luz vermelha extrema. Através destes resultados pode-se constatar alguns efeitos importantes. Verificou-se comportamento semelhante em termos de percentagem de emissão de afilhos para os tratamentos com luz V e Ve entre os estádios 3,1 e 4,1 e para a testemunha. Isto demonstra que para os afilhos A0, A1, A2 e A3 a definição da emissão ocorreu num momento anterior ao estádio 3,1.

Uma outra análise interessante a ser feita é em torno das taxas de emissão dos afilhos A1 e A2, que são os mais importantes agronomicamente. Considerando separadamente os efeitos da suplementação com luz vermelha e com luz vermelha extrema não foi possível identificar precisamente o momento da definição da emissão destes afilhos (Tabela 1). No entanto, se for considerado o efeito em conjunto da luz vermelha, que aumentou o afilhamento e da luz vermelha extrema, que diminuiu o afilhamento pode-se perceber aspectos interessantes. Os maiores valores nominais de emissão do afilho A1 (53,2%) e do afilho A2 (96,2%) e os menores valores para o afilho A1 (3,7%) e do afilho A2 (64,5%) foram

obtidos entre os estádios 2,1 e 3,1, respectivamente para luz V e luz Ve (Tabela 1). Estes resultados podem estar indicando que o momento da definição da emissão ocorreu entre estes dois estádios (2,1 e 3,1). No entanto, os resultados obtidos no presente trabalho não permitem fazer esta afirmação categoricamente. Em trabalhos com suplementação de luz vermelha e luz vermelha extrema também não foi definido claramente o momento da definição da emissão dos afilhos A1, A2 e A3 (ALMEIDA, 1998). No entanto, o autor postulou que a definição da emissão do afilho A1 possivelmente ocorreu próximo ao estágio 2,1 e dos afilhos A2 e A3 entre os estádios 2,1 e 4,1 da escala Haun. Considerando que a emissão externa ocorre normalmente no estágio 3,5 da escala Haun, os resultados destes trabalhos estão indicando que a definição da emissão ou não destes afilhos ocorreu num momento imediatamente anterior à emissão externa dos afilhos.

A definição precisa da emissão ou não dos afilhos poderá ser utilizada para explicar porque o afilho A1 é mais omitido que o afilho A2 a campo (WOBETO, 1994, GALLI, 1996, RIEIRA, 1996) e em ambientes controlados (ALMEIDA, 1998). No presente trabalho também se verificou menor emissão do afilho A1 do que do afilho A2 (Tabela 1). A menor omissão do afilho A2 pode ser devido a menor dominância apical no momento de sua emissão. Assim, a maior inibição do afilho A1 em relação ao afilho A2 poderia ser devida à alterações na concentração de fitohormônios e no conteúdo de carboidratos (MARTIN, 1987). Por outro lado, a menor sensibilidade do afilho A2 poderia estar ligada ao sincronismo entre o desenvolvimento do colmo principal (CP) e os afilhos. Desta forma, o afilho A2 não seria omitido tão intensamente como o afilho A1 por estar melhor sincronizado com o desenvolvimento do CP (SKINNER e NELSON, 1995). Possivelmente o afilho A2 seja emitido num momento onde a priorização do colmo principal não seja tão intensa, como é para o afilho A1. No entanto, pelos resultados obtidos neste trabalho, não é possível afirmar se alguma destas duas hipóteses explicaria mais adequadamente a maior omissão do afilho A1. A suplementação com luz vermelha, entre a emergência e o estágio 3,1, aumentou de forma mais intensa a emissão de afilho A1 do que a emissão do afilho A2 (Tabela 1). Segundo BALLARÉ et al. (1992) e SCHMITT e WULFF (1993) o aumento da relação V:Ve da radiação incidente reduz a

dominância apical, estimulando o afilamento. O maior efeito da suplementação com luz vermelha sobre a emissão do afilho A1 no início do ciclo, é uma evidência indireta de que a dominância apical seja mais acentuada no momento da definição da emissão do afilho A1, a qual faz com que este afilho seja omitido com maior intensidade do que o afilho A2.

Além da influência sobre a percentagem de emissão de afilhos, a qualidade da luz também afetou a capacidade dos mesmos em acumular massa seca. A suplementação com luz vermelha entre os estádios 1,1 e 2,1 e entre 2,1 e 3,1 determinou maior acúmulo de massa seca pelos afilhos A1, A2 e A3 e também maior acúmulo total de massa seca dos afilhos.

Este efeito foi decorrência da maior emissão destes afilhos nestes tratamentos, mas principalmente devido ao maior acúmulo individual de massa seca por afilho (Tabela 3). Por sua vez, para o afilho A0, o maior acúmulo de MS observado no tratamento com luz vermelha entre a emergência e o estágio 1,1 (Tabela 2) foi devido a maior emissão deste afilho, já que o acúmulo de massa seca por afilho não foi afetado pelos tratamentos (Tabela 3). A avaliação da alocação de massa seca entre CP e os afilhos mostrou uma distribuição mais equilibrada de massa seca nos tratamentos em que a luz vermelha foi aplicada até o estágio 3,1. Por outro lado, houve maior priorização do CP em detrimento dos afilhos, nos tratamentos com luz vermelha extrema ou quando a luz vermelha foi aplicada a partir do estágio 3,1. Este efeito foi mais intenso no tratamento com luz Ve entre os estádios 2,1 e 3,1 da escala Haun. SMITH e WHITELAM (1997) consideram que o efeito mais evidente da luz Ve é sobre o crescimento das plantas. Os resultados de massa seca obtidos no presente trabalho confirmam isto. CHORY e LI (1997) consideram que, o crescimento e o desenvolvimento são governados por interações complexas entre sinais do ambiente e substâncias químicas endógenas. Em outras palavras, estes autores acreditam que haja interação entre os sinais de luz (relação V:Ve) e os fitohormônios (auxina, giberlina e citocinina). Desta forma, o maior acúmulo de massa seca nos afilhos, nos tratamentos com luz vermelha teria sido em decorrência de um balanço mais adequado dos fitohormônios. Nesta linha de raciocínio, BALLARÉ et al. (1997) apostam que haja grande potencial de exploração da sensibilidade

das plantas a radiação Ve e consequentemente à capacidade competitiva das mesmas em comunidade.

CONCLUSÕES

A aplicação de luz vermelha e luz vermelha extrema em comunidades de plantas permite concluir o seguinte:

1. O momento da definição da emissão do afilho A0 ocorre entre a emergência e a emissão da segunda folha (estádio 1,1 da escala Haun);
2. A definição da emissão dos afilhos A1, A2 e A3 ocorre entre a emergência e a emissão da quarta folha (estádio 3,1 da escala Haun);
3. A luz vermelha determina maior acúmulo de massa seca nos afilhos e melhor distribuição de massa seca entre os afilhos e o colmo principal. Por sua vez, a luz vermelha extrema determina menor acúmulo de massa seca nos afilhos e maior priorização do colmo principal.

BIBLIOGRAFIA CITADA

- ALMEIDA, M.L. de. **Modificação do afilamento de trigo e aveia pela qualidade da luz**. Porto Alegre: UFRGS, 1998. 120p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Faculdade de Agronomia, UFRGS, 1998.
- ALVES, A.C. **Mecanismos de controle do desenvolvimento de afilhos em cereais de estação fria**. Porto Alegre: UFRGS, 1998. 114p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Faculdade de Agronomia, UFRGS, 1998.
- BALLARÉ, C.L.; SÁNCHEZ, R.A.; SCOPEL, A.L. et al. Early detection of neighbour plants by phytochrome perception of spectral changes in reflected sunlight. *Plant Cell and Environment*, Oxford, v. 10, n.5, p.551-557, 1987.
- BALLARÉ, C.L.; SCOPEL, A.L.; SÁNCHEZ, R.A. Foraging for light: photosensory ecology and agricultural implications. *Plant, Cell and Environment*, Oxford, v. 20, n.6, p. 820-825, 1997.
- BALLARÉ, C.L.; SCOPEL, A.L.; SÁNCHEZ, R.A. et al. Photomorphogenic processes in the agricultural environment. *Photochemistry and Photobiology*, Oxford, v.56, p.777-788, 1992.
- CARDOSO, V.J.M. Germinação e fotoblastismo de sementes de *Cucumis anguria*: influência da qualidade da luz durante a maturação e secagem. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, Londrina, v. 7, n.1, p.75-80, 1995.
- CHORY, J.; LI, J. Gibberellins, brassinosteroids and light-regulated development. *Plant, Cell and Environment*, Oxford, v. 20, n.6, p. 801-806, 1997.
- GALLI, A.P. **Competição intraespecífica e o crescimento de trigo e aveia em duas épocas de cultivo**. Porto Alegre:UFRGS, 1996. 78p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Faculdade de Agronomia, UFRGS, 1996.
- HAUN, J.R. Visual quantification of wheat development. *Agronomy Journal*, Madison, v. 65, n.1, p.116-119, 1973.
- LAUER, J.G.; SIMMONS, S.R. Photoassimilate partitioning of main shoot leaves in field-grown spring barley. *Crop Science*, Madison, v.25, n.5, p.851-855, 1985.
- LAUER, J.G.; SIMMONS, S.R. Photoassimilate partitioning by tillers and individual tiller leaves in field-grown spring barley. *Crop Science*, Madison, v.28, n.1, p.279-282, 1988.
- LIANG, Y.L.; RICHARDS, R.A. Coleoptile tiller development is associated with fast early vigour in wheat. *Euphytica*, Wageningen, v. 80, n. 1, p. 119-124, 1994.
- LOOMIS, R.S.; CONNOR, D.J. **Crop ecology: productivity and management in agricultural systems**. Cambridge: Cambridge University Press, 1992. 538 p.
- MAAS, E.V.; LESCH, S.M.; FRANCOIS, L.E. et al. Tiller development in salt-stressed wheat. *Crop Science*, Madison, v. 34, n. 6, p. 1594-1603, 1994.
- MARTIN, G.C. Apical dominance. *Hort Science*, St. Joseph, v. 22, n. 5, p. 824-833, 1987.
- MASLE, J. Competition among tillers in winter wheat: consequences for growth and development of the crops. In: NATO ADVANCED RESEARCH WORKSHOP ON WHEAT GROWTH AND MODELLING, 1984, Bristol. *Proceeding...* New York: Plenum, 1985. p. 407. p. 33-54. (NATO ASI Serie A, Live Science, v. 86)
- MEROTTO JUNIOR, A. **Processo de afilamento e crescimento de raízes de trigo afetados pela resistência do solo**. Porto Alegre: UFRGS, 1995. 114p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Programa de Pós-Graduação em Agronomia, UFRGS, 1995.
- PETERSON, C.M.; KLEPPER, B.; RICKMAN, R.W. Tiller development at the coleoptilar node in winter wheat. *Agronomy Journal*, Madison, v. 74, n. 5, p. 781-784, 1982.
- RIERA, E.A. **Avaliação de cultivares de trigo sob dois sistemas de preparo do solo**. Porto Alegre: UFRGS, 1996. 75p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Faculdade de Agronomia, UFRGS, 1996.
- SCHMITT, J. Is photomorphogenic shade avoidance adaptive? Perspectives from population biology. *Plant, Cell and Environment*, Oxford, v. 20, n. 6, p.826-830, 1997.

- SCHMITT, J.; WULFF, R.D. Light spectral quality phytochrome and plant competition. **Trends in Ecology and Evolution**, Victoria, v. 8, n. 1, p.47-51, 1993.
- SKINNER, R.H.; NELSON, C.J. Elongation of the grass leaf and its relationship to the phyllochron. **Crop Science**, Madison, v. 35, n. 1, p. 4-10, 1995.
- SMITH, H.; HOLMES, M.G. The function of phytochrome in the natural environment. III. Measurements and calculation of phytochrome photoequilibria. **Photochemistry and Photobiology**, Oxford, v. 25, p. 457-550, 1977.
- SMITH, H.; WHITELAM, G.C. The shadeavoidance syndrome: multiple responses mediated by multiple phytochromes. **Plant, Cell and Environment**, Oxford, v.20, n.6, p. 840-844, 1997.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant Physiology**. Redwood City : B. Cummings, 1991. 565 p.
- THIMIJAN, R.W.; HEINS, R.D. Photometric, radiometric, and quantum light units of measure: a review of procedures for interconversion. **Hort Science**, St. Joseph, v. 18, n. 6, p.818-822, 1983.
- WOBETO, C. **Padrão de afilhamento, sobrevivência de afilhos e suas relações com o rendimento de grãos em trigo**. UFRGS, 1994. 102p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Faculdade de Agronomia, UFRGS, 1994.

PROGRESSOS NA TOLERÂNCIA DE ALFAFA A SOLOS ÁCIDOS

DANIEL PORTELLA MONTARDO¹, MIGUEL DALL'AGNOL², JOÃO HENRIQUE SILVA CAETANO³, JOSÉ QUIRINO FREITAS FERREIRA DA COSTA⁴

RESUMO: Esse trabalho teve por objetivo testar duas populações de alfafa, selecionadas para tolerância a acidez, comparando-as com a população original na qual se procedeu a seleção, em 5 níveis de pH. Uma das populações foi selecionada em solo ácido enquanto a outra foi selecionada em solução nutritiva. A avaliação da tolerância à acidez foi realizada através da medida da altura da parte aérea e do comprimento de raízes. Os resultados indicaram progressos na tolerância de alfafa a solos ácidos, tanto na avaliação da altura da parte aérea, quanto em termos de comprimento de raízes, em ambas as metodologias de seleção. Não ocorreu redução do potencial produtivo das populações melhoradas na ausência de alumínio no solo. A seleção em solução nutritiva foi tão eficiente quanto à seleção em solo para tolerância de alfafa à acidez. A correlação entre a altura da parte aérea e o comprimento de raízes foi positiva e significativa.

Palavras-chave: alumínio, *Medicago sativa*, melhoramento genético, seleção genética, solo ácido, solução nutritiva.

PROGRESSES IN ALFALFA'S TOLERANCE TO ACID SOILS

ABSTRACT: The objective of this research work was to test two improved populations of alfalfa for tolerance to acid soils, one selected for two cycles in soil and one for two cycles in solution culture, in five levels of pH. The aluminum tolerance was assessed by measuring the plants height and the roots length. Results indicated progress in alfalfa's tolerance to acid soils, evaluated by plants height and roots length by both methodologies of selection. The productive potential of the selected populations was not reduced in the absence of aluminum. The solution culture selection was as efficient as the soil selection for alfalfa's tolerance to acidity. Correlation between plants height and roots length was positive and significant.

Key words: aluminum, genetic improvement, *Medicago sativa*, selection, solution culture.

INTRODUÇÃO

Grandes áreas de solos ácidos ocorrem, principalmente em regiões tropicais úmidas, onde a intensidade das chuvas proporcionou forte intemperização, lixiviando os minerais do solo, causando problemas de toxidez por alumínio (Al) e manganês (Mn).

Na caracterização de solos ácidos deve-se considerar a saturação de Al e sua atividade, uma vez que apenas a quantidade de Al presente no solo não indica sua toxidez potencial, ao mesmo tempo em que a concentração de íons hidrogênio não é o único fator responsável pela toxidez em solos com

baixo pH (RUNGE e RODE, 1991).

Desta forma, o pH apresenta muitos efeitos indiretos, sendo que os danos causados às plantas podem variar conforme as demais características do solo e da espécie vegetal considerada. A maioria dos elementos tem sua atividade reduzida com a diminuição do pH, porém, o Al apresenta um comportamento inverso, aumentando sua atividade (MALAVOLTA, 1980). Segundo FOY (1992), a toxidez de Al é mais severa em pH abaixo de 5,0, porém, o ponto crítico em que esse elemento torna-se solúvel e trocável depende de muitos fatores do solo e da planta.

A aplicação de calcário é a forma mais usada

¹ Eng. Agr. M.Sc. em Zootecnia, aluno do curso de Doutorado em Zootecnia, Departamento de Plantas Forrageiras e Agrometeorologia, Faculdade de Agronomia, UFRGS. Cx.P. 776, Porto Alegre - RS.

² Eng. Agr. Ph.D., Professor Adjunto do Departamento de Plantas Forrageiras e Agrometeorologia, Faculdade de Agronomia, UFRGS. Cx.P. 776, Porto Alegre - RS. miguel.dallagnol@ufrgs.br.

³ Eng. Agr. M.Sc. em Zootecnia, área de concentração Plantas Forrageiras. Cx. P. 441, Cascavel - PR.

⁴ Bolsista de Iniciação Científica - CNPq, Departamento de Plantas Forrageiras e Agrometeorologia, Faculdade de Agronomia, UFRGS. Cx.P. 776, Porto Alegre - RS.

Recebido para publicação em 06/10/1999.

para reduzir a acidez do solo, porém, esta prática, em determinadas circunstâncias, pode apresentar alguns inconvenientes. No caso de culturas muito sensíveis à acidez, um dos inconvenientes é o elevado custo, uma vez que altos níveis de corretivo são requeridos. Além disso, a correção do solo apenas na camada arável gera um forte gradiente de acidez ao longo do perfil, devido à pouca mobilidade desse corretivo. Isso faz com que haja uma concentração das raízes nas camadas superficiais do solo, tornando as plantas suscetíveis à deficiência hídrica, o que pode reduzir sua produção e persistência. Uma outra alternativa, para a superação, ou diminuição, desses problemas é a seleção de plantas mais tolerantes à acidez do solo.

A alfafa é reconhecida pela sua alta produtividade e qualidade da forragem produzida, podendo ser utilizada sob diferentes formas: como pastejo, feno ou silagem. Entretanto, essa forrageira é altamente exigente em solos férteis, bem drenados e com pH próximo a 7,0.

Assim, a expansão da cultura da alfafa em regiões tropicais é limitada pela sua alta sensibilidade a acidez do solo, tornando-se necessária a aplicação de elevadas quantidades de calcário.

Em função disso, foi desenvolvido, no Departamento de Plantas Forrageiras e Agrometeorologia, da Faculdade de Agronomia, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul um programa de seleção de alfafa para solos ácidos, visando a obtenção de populações mais tolerantes a essas condições.

O presente trabalho teve por objetivo testar os progressos alcançados na tolerância de alfafa a solos ácidos. O mesmo foi desenvolvido avaliando-se populações melhoradas por dois ciclos de seleção, em solo e em solução nutritiva, em relação à população original. Essas populações foram avaliadas em cinco níveis de acidez do solo, procurando-se determinar os ganhos genéticos em cada um dos métodos de seleção, bem como compará-los entre si.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na casa de vegetação do Departamento de Plantas Forrageiras e Agrometeorologia, da Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, em Porto Alegre, RS, no período de 22/12/98 a 19/01/99.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, organizado em um esquema fatorial 3×5 , com 3 populações e 5 níveis de pH, com 5 repetições, totalizando 75 unidades experimentais.

O germoplasma utilizado foi obtido através de coletas de sementes de plantas de alfafa da cultivar crioula, em populações que já vinham sendo cultivadas no Rio Grande do Sul. Essas sementes foram reunidas e formaram a população inicial para o trabalho de melhoramento, denominada "base". A partir dessa população, foram realizados dois ciclos de seleção em solo com pH 5,1 e saturação de alumínio de 2,5%, dando origem a população denominada "solo", e dois ciclos de seleção em solução nutritiva com 0,10 mg/l de Al e pH 4,5, originando a população denominada "solução" (CAETANO, 1998). As plantas foram avaliadas quanto ao comprimento de raízes e à altura da parte aérea para estimar-se a tolerância ao alumínio.

O solo utilizado foi coletado no município de André da Rocha. Constituiu-se de um latossolo húmico distrófico e álico, de textura argilosa, pertencente à unidade de mapeamento Durox. Este solo foi analisado e, posteriormente, dividido em 5 partes, cada uma recebendo uma dose diferente de corretivo. Em seguida, o solo foi incubado por 30 dias, mantido sempre em capacidade de campo. Utilizou-se como corretivo da acidez o óxido de cálcio e o óxido de magnésio, na proporção de 3:1. Após o período de incubação, foram realizadas novas análises de solo para os diferentes níveis de acidez, os quais constituíram os tratamentos do fator pH, que se encontram descritos na Tabela 1.

TABELA 1 - Resumo da análise de solo em função dos 5 níveis de acidez

pH	Sat. Al (%)	P (mg/l)	K (mg/l)	M.O. (%)	Ca (cmol /l)	Mg (cmol /l)
4.9	17.2	4.6	28	0.7	0.5	0.3
5.0	6.3	2.9	25	0.7	1.9	0.9
5.2	1.2	2.8	24	0.7	2.7	1.6
5.7	0.0	2.8	30	0.7	4.2	2.6
6.6	0.0	3.6	26	0.7	6.0	3.4

Utilizaram-se vasos plásticos de 700 ml, onde foram colocados 800 g de solo seco, acrescidos de 156 g de água, para que fossem mantidos em 90% da capacidade de campo. Os vasos eram pesados diariamente, para a correção da umidade.

Em cada vaso foram semeadas 20 sementes escarificadas e, após a emergência, realizou-se um desbaste, deixando-se 10 plantas por vaso. No dia da implantação do experimento, logo após a semeadura, cada vaso sofreu um tratamento fúngico com clorothalonil a 0,2% e, logo após a emergência, cada vaso foi inoculado superficialmente com *Rhizobium meliloti*, estirpe 59, previamente selecionada para solos ácidos (HARTEL e BOUTON, 1989).

Após 28 dias do início da fase experimental, cada vaso foi aberto lateralmente e teve o seu conteúdo retirado integralmente na forma de um bloco. Este, por sua vez, foi colocado sobre uma peneira e passou a ser lavado, cuidadosamente, com água corrente, até que fosse possível individualizar as plantas. Essas foram dispostas sobre bandejas plásticas e tiveram o comprimento de sua parte aérea e radicular medidas em centímetros, com o auxílio de uma régua graduada.

A análise estatística foi realizada por meio da análise de variância, com o auxílio do programa SANEST (ALVES et al., 1993). Para o teste de médias entre populações foi utilizado o Teste de Duncan a 5%, enquanto que, para a comparação de médias entre os níveis de pH, foi utilizada a regressão

polinomial. Também foi analisada a correlação linear entre as variáveis altura da parte aérea e comprimento de raízes.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Altura da Parte Aérea

A análise estatística mostrou diferenças significativas entre a altura da parte aérea nos diferentes níveis de pH ($P < 0,001$), e entre as de populações ($P < 0,001$). Também apresentou como significativa a interação entre populações e níveis de pH ($P < 0,001$).

Como a interação entre os fatores foi significativa, o teste de comparações de médias entre populações foi realizado dentro de cada nível de pH e vice-versa. Os resultados da comparação entre populações pode ser visualizado na Tabela 2.

Através da Tabela 2 nota-se, principalmente nos níveis mais altos de pH, que houve progressos na tolerância de alfafa à acidez do solo. Apesar das diferenças se terem tornado significativas somente nos níveis mais altos de pH, a tolerância à acidez aparentemente é melhor expressa nos níveis mais baixos, vistas as diferenças relacionadas em porcentagem. Embora a utilização a campo das populações melhoradas não seja viável nos níveis mais baixos de pH, os mesmos se prestam para indicar as diferenças entre essas e a “população base”; diferenças que chegam a alcançar 67% em favor das primeiras.

TABELA 2 - Altura da parte aérea de populações de alfafa em solos com diferentes níveis de acidez

População	pH=4,9	pH=5,0	pH=5,2 altura (cm)	pH=5,7	pH=6,6
Base	0,5 (100)*a	0,6 (100) a	1,4 (100) a	3,4 (100) c	3,7 (100) b
Solo	0,7 (140) a	0,7 (117) a	1,6 (114) a	4,1 (121) b	4,2 (113) a
Solução	0,8 (160) a	1,0 (167) a	1,7 (121) a	4,5 (132) a	4,0 (108) a

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5%. CV = 12,16%.

* Altura relativa à "população base".

CAETANO (1998), testando essas mesmas populações melhoradas em dois níveis de pH (5,5 e 6,6), também encontrou interação significativa entre o nível de pH e as populações, para crescimento da parte aérea, durante seis semanas. Naquela oportunidade, o autor constatou diferenças significativas entre as populações apenas no pH 6,6. Esta é a mesma tendência observada no presente trabalho, em que as diferenças se tornam significativas à medida que se aumenta o pH do solo.

Um fato importante, que também pode ser observado na Tabela 2, é que as populações selecionadas não tiveram seu potencial produtivo reduzido em solos corrigidos (pH 6,6), o que, eventualmente, pode acontecer, como relata BOUTON et al. (1982), tendo inclusive superado significativamente a "população base," nesse pH.

Os dados ainda mostram que, nas populações melhoradas, não ocorreram diferenças entre os níveis de pH 5,7 e 6,6, permitindo concluir que se obteve um grande progresso com relação a tolerância à

acidez, pelo menos quanto ao crescimento inicial da parte aérea. Atualmente, a recomendação de correção da acidez do solo para a cultura da alfafa é o índice SMP para pH 6,5. Se os testes a campo confirmarem os resultados deste trabalho, para essas populações melhoradas será possível sugerir a modificação dessa recomendação do índice SMP para pH 6,0. Essa mudança representaria, por exemplo, no caso do solo utilizado nesse experimento, uma economia de 3,5 toneladas de calcário por hectare (PRNT 100%).

Comparando-se as duas metodologias de seleção, os resultados indicam que, em geral, a seleção em solução nutritiva foi, no mínimo, tão eficiente quanto à seleção em solo. No nível de pH 5,7, a seleção em solução nutritiva foi significativamente superior à seleção em solo.

A evolução do crescimento em altura da parte aérea, conforme o nível de acidez do solo, pode ser visualizada na Figura 1, que apresenta as médias e as curvas ajustadas para cada população.

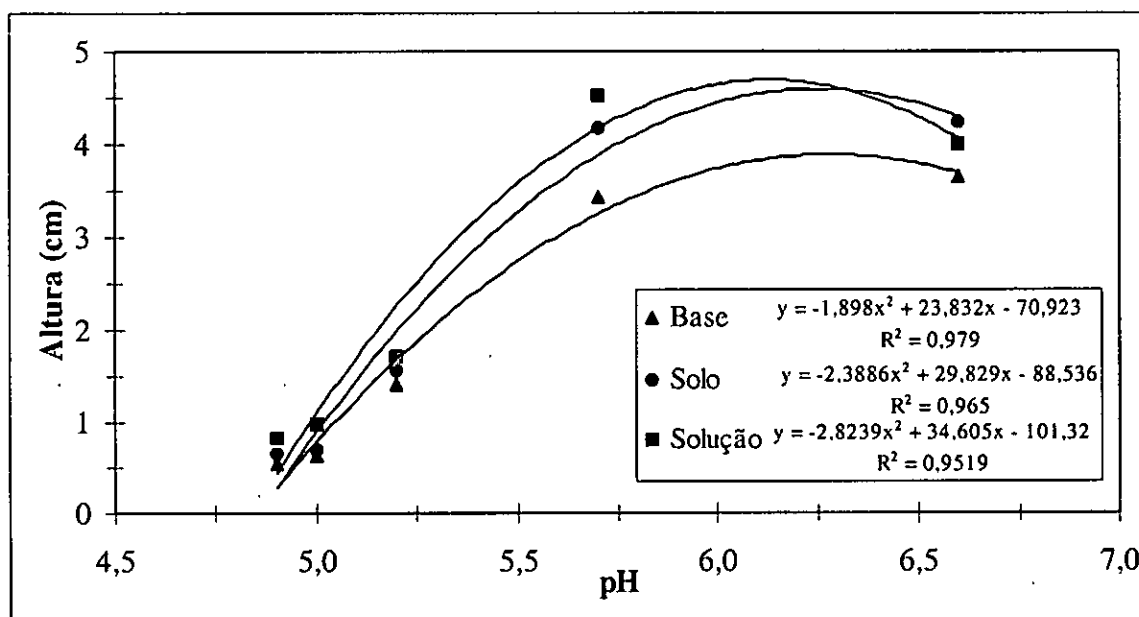


FIGURA 1 - Médias de altura da parte aérea de plantas de alfafa de três populações e suas curvas ajustadas, com as respectivas equações de regressão, em solos com diferentes níveis de acidez

Observa-se a tendência das populações melhoradas serem superiores à “população base” quanto ao crescimento em altura da parte aérea, em todos os níveis, demonstrando o progresso alcançado na tolerância de alfafa a solos ácidos. Para as três populações, a regressão quadrática foi significativa ($P < 0,00001$) e apresentou elevados coeficientes de determinação. Houve, nos três casos, a tendência de aumento na altura das plantas com o aumento do pH, com o maior valor de altura ocorrendo entre os pH 5,7 e 6,6.

Comprimento de Raízes

A análise estatística para esta variável mostrou

diferenças significativas entre os níveis de acidez do solo ($P < 0,001$). Já as diferenças entre as médias de populações apresentaram significância somente ao nível de 6% de probabilidade ($P < 0,06$). Os resultados ainda apontaram a interação entre os níveis de pH e as populações, como não significativa, concordando com os resultados de CAETANO (1998).

Como a interação não foi significativa, somente foi realizado o teste de comparações para as médias gerais de populações e não para as médias em cada nível de pH. Os dados encontram-se dispostos na Tabela 3..

TABELA 3 - Comprimento de raízes de plantas de alfafa de três populações em solos com diferentes níveis de acidez

População	pH=4,9	pH=5,0	pH=5,2	pH=5,7	pH=6,6	Média
	comprimento (cm)					
Base	1,3 (100)*	1,5 (100)	7,2 (100)	17,5 (100)	21,8 (100)	9,8 (100) b
Solo	1,2 (92)	1,8 (120)	7,3 (101)	19,7 (113)	23,4 (107)	10,6 (108) ab
Solução	1,3 (100)	2,0 (133)	8,6 (119)	19,0 (109)	22,8 (105)	10,7 (109) a

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5%. CV = 13,84%.

* Comprimento relativo à “população base”.

Nota-se que, também em termos de comprimento de raízes, as populações melhoradas, exceto no nível de pH 4,9, apresentaram forte tendência de mostrarem-se superiores à “população base”, quanto a tolerância à acidez. Ao contrário do que ocorreu com a altura da parte aérea (Tabela 2), no nível mais baixo de pH praticamente não houve diferenças entre as populações quanto ao comprimento de raízes, confirmando observações anteriores de que as raízes são mais sensíveis à acidez que as demais partes da planta. No nível de pH 4,9, o estresse pela saturação de alumínio (17,2%) foi muito elevado, e possivelmente inviabilizou a comparação entre as populações. A partir de pH 5,0, com uma saturação de alumínio de 6,3%, já foi possível observar-se a tendência de melhor desempenho das populações melhoradas, com diferenças em relação à “população base” que chegam aos 33%.

O Teste de Duncan apontou como significativa a diferença entre a média da “população solução” e a “população base”, indicando que a primeira foi estatisticamente superior à segunda. Já a diferença entre a “população solo” e a “base” não foi significativa. No entanto, ao observar-se os valores de comprimento médio de raízes, vê-se que a diferença entre a “população solução” e a “população solo” foi de apenas 0,1 cm, estando essa última, portanto, no limite da diferenciação significativa com relação à “população base”.

Ao testar estas mesmas populações em pH 5,5 e 6,6, CAETANO (1998) também encontrou diferença significativa apenas entre a média da população selecionada por dois ciclos em solução nutritiva e a média da “população base”.

O comprimento de raízes é uma característica importante para o crescimento e a produção de plantas, sobretudo sob condições de estresse. BOUTON (1996) afirmou que a principal característica de genótipos de alfafa considerados tolerantes a solos ácidos é a sua habilidade em melhor explorar o subsolo em água e nutrientes, uma vez que plantas sensíveis, nesses ambientes, apresentam raízes menores.

Quanto a essa variável, novamente a população selecionada em solução nutritiva foi, pelo menos, tão superior à “população base” quanto a população selecionada em solo. Isso demonstra, mais uma vez, que a metodologia de seleção em solução nutritiva, utilizada por CAETANO (1998) mostrou-se adequada para a identificação de plantas de alfafa

tolerantes à acidez, além de ser mais prática e rápida.

Como pode ser observado na Tabela 3, houve diferenças no comprimento de raízes do nível de pH 5,7 para pH 6,6 em todas as populações. Na Tabela 1, vê-se que em nenhum desses níveis houve presença de Al. CAETANO (1998), testando essas mesmas populações, também observou aumento no crescimento de raízes do nível de pH 5,5 para 6,6, e o atribuiu à baixa tolerância do *Rhizobium* à acidez, uma vez que observou nodulação somente no nível mais alto de pH. No presente trabalho, essa diferença não pode ser atribuída somente à baixa tolerância do *Rhizobium* à acidez, pois não houve uma mensuração detalhada da nodulação. Aparentemente, a mesma mostrou-se equivalente nos dois níveis de pH.

A literatura mostra que, em termos gerais, a sensibilidade da alfafa à acidez do solo está muito mais relacionada à atividade do Al do que diretamente à ação do pH. Segundo RUNGE e RODE (1991) e LANYON e GRIFFITH (1988), a alfafa pode crescer em solução de cultura até com pH 4, desde que haja níveis de Ca adequados, enquanto que em solo, pode tolerar pH 5,5 sem decréscimo na produção. Portanto, segundo as afirmações desses autores, no presente trabalho, o pH, por si só, não seria responsável pela diferença no comprimento de raízes observada em todas as populações entre os dois níveis mais altos de pH.

Sabe-se que plantas tolerantes à acidez possuem maior eficiência de absorção e aproveitamento de Ca e P (BALIGAR e FAGERIA, 1997; BALIGAR et al., 1989, a; BALIGAR et al., 1989, b; BALIGAR et al., 1987). BOUTON et al. (1986) também observaram esse fato em plantas de alfafa. BOUTON e SUMNER (1983) observaram que plantas de alfafa selecionadas para tolerância ao Al responderam mais a P do que plantas não selecionadas, independentemente do nível de calagem. Isso, aliado ao fato de que o nível de pH 6,6 apresentou mais Ca e Mg, devido ao corretivo aplicado, e um pouco mais de P em sua análise do que o nível de pH 5,7 (Tabela 1), parece explicar as diferenças observadas no crescimento de raízes entre esses níveis.

A Figura 2 mostra a evolução do comprimento de raízes de cada população conforme a variação de pH do solo.

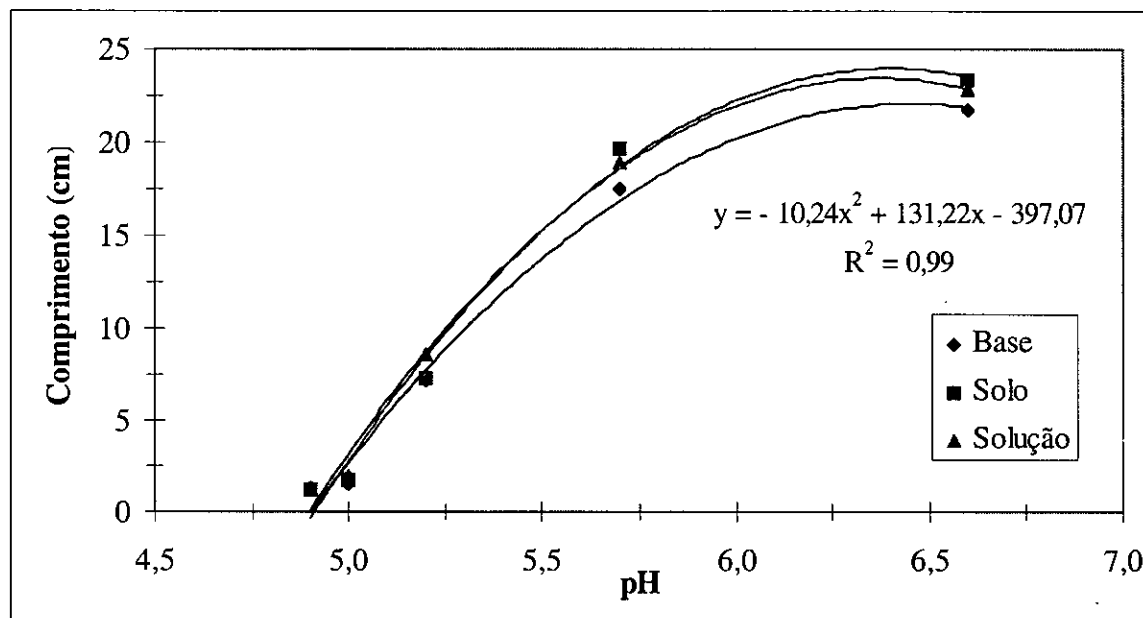


FIGURA 2 - Médias do comprimento de raízes de plantas de alfafa de três populações e suas curvas ajustadas, em solos com diferentes níveis de acidez, e equação de regressão e coeficiente de determinação gerais,

para as três populações

0,00001).

Também pode ser observado que, apesar das diferenças serem numericamente pequenas, as populações melhoradas sempre apresentaram um comprimento de raízes maior do que a da população base. Além disso, nota-se que o comportamento das curvas é praticamente o mesmo, o que resultou na falta de significância da interação entre populações e níveis de pH. Como a interação não foi significativa, o teste estatístico entre níveis de pH foi realizado com as médias gerais das três populações, o que gerou apenas uma equação de regressão, que foi altamente significativa ($P <$

Correlação Linear entre Altura da Parte Aérea e Comprimento de Raízes

Como o fator que mais contribuiu para a variabilidade dos dados foi o nível de acidez, além da correlação linear geral em todo o experimento entre a altura da parte aérea das plantas e o comprimento de raízes, foi analisada também a correlação linear entre essas variáveis dentro de cada nível de acidez. Os resultados encontram-se na Tabela 4.

TABELA 4 - Correlação linear entre a altura da parte aérea e o comprimento de raízes de plantas de alfafa aos 28 dias, dentro de cada nível de pH e geral de todo o experimento

pH	4,9	5,0	5,2	5,7	6,6	Geral
Correlação	-0,03	0,78**	0,89**	0,58*	0,54*	0,97**

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste t.

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste t.

Em termos gerais, ocorreu uma grande correlação entre a altura da parte aérea e o comprimento de raízes ($r = 0,97$). Isso indica que, se selecionando plantas de alfafa até os 28 dias, por meio da altura da parte aérea, há grande possibilidade de que essas também sejam as plantas com o maior comprimento de raízes. Isso é importante devido ao fato da mensuração da altura da parte aérea ser muito mais fácil e rápida de se realizar do que a mensuração do comprimento de raízes.

Ao analisar-se as correlações dentro de cada nível, percebe-se que apenas no pH 4,9 não houve significância. Isso ocorreu, provavelmente, devido ao elevado estresse imposto às plantas, pois, apesar desse nível apresentar um pH apenas 0,1 menor que o nível seguinte, a saturação de alumínio no primeiro nível foi de 17,2%, contra 6,3% no segundo (Tabela 1), indicando o elevado poder de tamponamento do solo utilizado. Situações como essa justificam a importância de se considerar a saturação de alumínio, quando se trata de estudos sobre tolerância a acidez, como afirmaram RUNGE e RODE (1991).

Nos níveis de pH 5,0 e 5,2, a correlação apresentou-se maior e foi altamente significativa ($P < 0,01$), enquanto nos níveis de pH 5,7 e 6,6 voltou a ser mais baixa. Observa-se que, justamente nos níveis de pH que se apresentam mais adequados aos trabalhos de seleção de alfafa para solos ácidos (pH entre 5,0 e 5,5), a correlação entre a altura da parte aérea e o comprimento de raízes mostrou-se mais elevada, permitindo vislumbrar-se a possibilidade de se trabalhar com um elevado número de plantas para seleção, baseada apenas na primeira característica, em um período de aproximadamente 30 dias.

CAETANO (1998), trabalhando com essas mesmas populações, encontrou correlação significativa entre a altura da parte aérea e o comprimento de raízes ($r = 0,52$) com pH 5,5. Já com pH 6,6 a correlação não foi significativa, contrariando os dados do presente trabalho, embora aquele autor tenha avaliado as plantas ao final de 6 semanas.

Ganhos Genéticos

Em média, os ganhos genéticos calculados através da divisão da média da população melhorada pela média da "população base" multiplicada por 100 (PINTO, 1995), apresentaram os seguintes resultados: seleção em solo para altura da parte

aérea = 17,7%; seleção em solução para altura da parte aérea = 25,0%; seleção em solo para comprimento de raízes = 8,2%; seleção em solução para comprimento de raízes = 9,2%.

Esses valores são muito significativos, sobretudo se considerarmos que a possibilidade de redução da recomendação de calagem propiciaria uma grande economia e, que o período no qual se realizou o trabalho foi curto (apenas dois ciclos de seleção). Além disso, a alfafa é uma espécie autotetraplóide, com genética complexa, apresentando características específicas com relação ao trabalho de melhoramento.

Outro fato que merece destaque é que durante a condução do experimento, se observou significativa variabilidade entre as plantas dentro de cada população, o que permite concluir que novos avanços são possíveis de serem alcançados por meio de novos ciclos de seleção.

Assim, a análise dos dados permite concluir que se obteve progresso na tolerância de alfafa a solos ácidos tanto em termos de crescimento da parte aérea, quanto de raízes. Entretanto, para uma constatação dos ganhos obtidos em termos de produção de matéria seca e persistência, ainda se faz necessária a realização de testes a campo.

CONCLUSÕES

- As populações melhoradas apresentaram progressos na tolerância a solos ácidos em relação à população original;
- A seleção para tolerância à acidez não reduziu o potencial produtivo das populações melhoradas na ausência de alumínio;
- Houve correlação positiva e significativa entre a altura da parte aérea e o comprimento de raízes;
- O método de seleção em solução nutritiva é, no mínimo, tão eficiente quanto a seleção em solo, para tolerância de alfafa a solos ácidos;
- Os ganhos genéticos obtidos pela seleção em solo para altura da parte aérea e comprimento de raízes, e pela seleção em solução para essas mesmas características foram, respectivamente, 17,7%, 8,2%, 25,0% e 9,2%;
- Ainda há considerável variabilidade genética dentro das populações, permitindo novos ciclos de seleção.

BIBLIOGRAFIA CITADA

- ALVES, M.I.F.; MACHADO, A.A.; ZONTA, E.P. Tópicos especiais de estatística experimental utilizando o SANEST (Sistema de Análise Estatística para Microcomputadores). In: SIMPÓSIO DE ESTATÍSTICA APLICADA À EXPERIMENTAÇÃO AGRONÔMICA, 5: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 38; 1993, Porto Alegre. *Anais...* Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Matemática, Departamento de Estatística, 1993. p. 1-110.
- BALIGAR, V.C.; ELGIN, J.H.; FOY, C.D. Variability in alfalfa for growth and mineral uptake and efficiency ratios under aluminum stress. *Agronomy Journal*, Madison, v. 81, p. 223-229, 1989, a.
- BALIGAR, V.C.; FAGERIA, N.K.. Nutrient use efficiency in acid soils: nutrient management and plant use efficiency. In: PLANT-SOIL INTERACTION AT LOW PH: SUSTAINABLE AGRICULTURE AND FORESTRY PRODUCTION, 1997, Belo Horizonte. *Proceedings...* Belo Horizonte: SBCS, 1997. p. 75-96.
- BALIGAR, V.C.; SANTOS, H.L. dos; PITTA, G.V.E.; et al. Aluminum effects on growth, grain yield and nutrient use efficiency ratios in sorghum genotypes. *Plant and Soil*, Norwell, v. 116, p. 257-264, 1989, b.
- BALIGAR, V.C.; WRIGHT, R.J.; KINRAIDE, T.B.; et al. Aluminum effects on growth, mineral uptake, and efficiency ratios in red clover cultivars. *Agronomy Journal*, Madison, v. 79, p. 1038-1044, 1987.
- BOUTON, J.H.; HAMMEL, J.E.; SUMNER, M.E. Alfalfa, *Medicago sativa* L., in highly weathered, acid soil IV. Root growth into acid subsoil of plants selected for acid tolerance. *Plant and Soil*, Norwell, v. 65, p. 187-192, 1982.
- BOUTON, J.H. Screening the alfalfa core collection for acid soil tolerance. *Crop Science*, Madison, v. 36, p. 198-200, 1996.
- BOUTON, J.H.; SUMNER, M.E. Alfalfa, *Medicago sativa* L., in highly weathered, acid soils: field performance of alfalfa selected for acid tolerance. *Plant and Soil*, Norwell, v. 74, p. 431-436, 1983.
- BOUTON, J.H.; SUMNER, M.E.; HAMMEL, J.E.; SHAHANDEH, H. Yield of an alfalfa germplasm selected for acid soil tolerance when grown in soils with modified subsoils. *Crop Science*, Madison, v. 26, p. 334-336, 1986.
- CAETANO, J.H.S. *Seleção de alfafa para solos ácidos*. Porto Alegre: UFRGS, 1998. 129p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Plantas Forrageiras, Faculdade de Agronomia, UFRGS. 1998.
- FOY, C.D. Soil chemical factors limiting plant root growth. *Advances in Soil Science*, New York, v. 19, p. 97-149, 1992.
- HARTEL, P.G.; BOUTON, J.H. *Rhizobium meliloti* inoculation of alfalfa selected for tolerance to acid, aluminum-rich soils. *Plant and Soil*, Norwell, v. 116, p. 283-285, 1989.
- LANYON, L.E.; GRIFFITH, W.K. Nutrition and fertilizer use. In: HANSON et al. (Eds.). *Alfalfa and alfalfa improvement*. Madison: ASA, CSSA, SSSA, 1988. p. 334-364.
- MALAVOLTA, E. *Elementos de nutrição mineral de plantas*. Piracicaba: Ceres, 1980. 253 p.
- PINTO, R.J.B. *Introdução ao melhoramento genético de plantas*. Maringá: Editora da Universidade Estadual de Maringá, 1995. 275 p.
- RUNGE, M.; RODE, N.W. Effects of soil acidity on plant association. In: WHICH, B.; SUMNER, M.E. (Eds.). *Soil Acidity*, New York, 1991. p. 183-202.

RENDIMENTO DE GRÃOS DE CULTIVARES DE SOJA EM SOLO DE VÁRZEA

ANDRÉ LUIS THOMAS¹, JOÃO LEONARDO FERNANDES PIRES², VALMIR GAEDKE MENEZES³

RESUMO: Foram conduzidos dois experimentos na Estação Experimental do Arroz, do Instituto Rio Grandense do Arroz (IRGA), em Cachoeirinha-Rio Grande do Sul, nas safras de 1997/98 e 1998/99, com objetivo de avaliar o rendimento de grãos da soja em solo de várzea. Na safra de 1997/98 foram avaliados 20 cultivares, sob uma precipitação de 774 mm e duas irrigações por inundação. O rendimento médio de grãos foi de 2598 kg/ha, destacando-se como mais produtivo o cultivar FT-Abyara (3727 kg/ha), não diferindo de outros 17 cultivares. O cultivar BR-4 apresentou menor rendimento (1555 kg/ha). Na safra de 1998/99, foi avaliado o rendimento de grãos de 30 cultivares, sob uma precipitação pluvial de 346 mm sendo analisado o efeito de dois períodos de inundação: um, de oito dias quando as plantas estavam com seis folhas desenvolvidas, e outro, de dois dias no início do enchimento de grãos. O rendimento médio de grãos foi 1010 kg/ha, com maior rendimento no cultivar FT-2004 (2065 kg/ha), não diferindo estatisticamente de outros 14 cultivares. Esses resultados demonstraram a existência de variabilidade genética nos cultivares de soja com excesso de água no solo.

Palavras chaves: *Glycine max*, irrigação por inundação, tolerância à inundação.

GRAIN YIELD OF SOYBEAN CULTIVARS IN FLOODED SOIL

SUMMARY: Two experiments were performed at the Rice Experimental Farm of IRGA, in the county of Cachoeirinha-Rio Grande do Sul, Brazil, in the 1997/98 and 1998/99 growing seasons, with objective to evaluate soybean grain yield grown in flooded soil. In the 1997/98 growing season, 20 cultivars were evaluated, under 774 mm of precipitation and two flooding irrigation at the reproductive stage. The medium grain yield was of 2598 kg/ha, the cultivar FT-Abyara (3727 kg/ha) produced the highest yield, and did not differ of other 17 cultivars. The cultivar BR-4 had the lowest grain yield (1555 kg/ha). In 1998/99 growing season, were evaluated 30 cultivars, under 346 mm of precipitation and two flooding periods: one of eight days when plants had six developed leaves and another of two days in the seed-formation begin. The medium grain yield was of 1010 kg/ha, with the highest yield in the cultivar FT-2004 (2065 kg/ha), although it did not differ of other 14 cultivars. These results demonstrated the existence of genetic variability in soybean cultivars under excess of soil water.

Key words: *Glycine max*, flood irrigation, flooding tolerance.

INTRODUÇÃO

A rotação de culturas, em solos de várzea, é uma prática recomendada para aumentar o rendimento de grãos do arroz, quer pelo efeito direto de quebrar o ciclo de insetos pragas, moléstias e de plantas daninhas, que prejudicam o desenvolvimento do arroz ou pelo efeito indireto na melhoria das condições químicas e físicas do solo. Entretanto, para que este efeito ocorra, é necessário buscar espécies e/ou cultivares que se adaptem às condições de excesso de água no solo e que proporcionem retorno econômico ao produtor. Nesse contexto, enquadra-se a cultura da soja, que, embora

introduzida e melhorada para áreas bem drenadas no Brasil, é uma espécie originária de áreas alagadiças do norte da China (EVANS, 1996), que, possivelmente, mantém em seu germoplasma, genes capazes de permitir sua adaptação às condições impostas pelo cultivo em várzeas.

O excesso de água no solo, seja em áreas naturais ou cultivadas, modifica o ambiente explorado pelas raízes das plantas, acarretando uma série de restrições ao seu desenvolvimento. Dentre as principais modificações, pode-se destacar alterações na atmosfera do solo promovendo a deficiência de oxigênio, acúmulo de gás carbônico

¹ Engº. Agrº. M. Sc., professor do Departamento de Plantas de Lavoura da FA/UFGRS. Caixa Postal 776, CEP 91501-970, Porto Alegre, RS.

² Engº. Agrº. M. Sc., acadêmico de doutorado da FA/UFGRS. Bolsista do CNPq.

³ Engº. Agrº. M. Sc., pesquisador da Estação Experimental do Arroz do IRGA. Caixa Postal 29, CEP 94930-030, Cachoeirinha, RS.

Recebido para publicação em 20/10/1999.

e etileno (COSTA, 1996), além de poder aumentar a disponibilidade de ferro (Fe) e Manganês (Mn), em níveis tóxicos às plantas. A redução, nos teores de O₂ no solo, induz a diminuição da respiração aeróbica nos tecidos submergidos, aumenta a respiração anaeróbica e por consequência diminui a disponibilidade de energia ao desenvolvimento das plantas (MARSCHNER, 1995). A adaptação ao excesso de água no solo em muitas espécies, está associada a modificações bioquímicas, morfológicas e anatômicas nas raízes e na parte aérea (VARTAPETIAN e JACKSON, 1997).

As leguminosas podem ser particularmente sensíveis ao excesso de água no solo, porque são dependentes da fixação simbiótica de nitrogênio, sendo esse um processo que requer disponibilidade de oxigênio e energia. No entanto, a modificação no padrão radicular com a morte de raízes estabelecidas antes da hipoxia e desenvolvimento de um novo sistema radicular, com predomínio de raízes adventícias e com tecido aerenquimatoso, pode proporcionar novos sítios de nodulação com suficiente oxigenação e suprimento de N. A formação de aerênquima na planta, sob condições de excesso de água, possibilita a transferência interna de O₂ atmosférico ou fotossintético da parte aérea aos tecidos submergidos, a fim de manter a respiração aeróbica, a fixação simbiótica de N e o crescimento (BACANAMWO e PURCELL, 1999). Essas modificações morfológicas, anatômicas e bioquímicas ocorrem em soja (BARNI e COSTA, 1976; RUSSELL et al., 1990; BACANAMWO e PURCELL, 1999). Entretanto, não se sabe a capacidade de adaptação das cultivares de soja indicadas para cultivo no Estado do Rio Grande do Sul (RS) ao excesso de água. Este trabalho teve por objetivo avaliar o rendimento de grãos de diferentes cultivares de soja em condições de solo de várzea.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram conduzidos dois experimentos na Estação Experimental do Arroz, do Instituto Rio Grandense do Arroz (IRGA), em Cachoeirinha-RS, nos anos agrícolas de 1997/98 e 1998/99. O solo da área experimental é um planossolo, da unidade de mapeamento Vacacaí, com as seguintes características: teor de argila = 12%; pH (H₂O) = 5,5; Índice SMP = 6,9; Fósforo = 8,2 mg/l; Potássio = 93 mg/l e matéria orgânica = 1,4 %. O preparo do solo consistiu de uma lavração e três gradagens,

com posterior sistematização do solo em nível.

Na safra de 1997/98, foram avaliados os cultivares CEP 16-Timbó, FT-Guaíra, FT-Saray, FT-2003, IAS 5, Ivorá e OCEPAR 14, de ciclo precoce; Bragg, BR-4, BR-16, CEP-12 Cambará, Davis, EMBRAPA 66 e RS 7-Jacuí, de ciclo médio; CEP 20-Guajuvira, FT-Abyara, RS 9-Itaúba, Cobb, FEPAGRO RS-10 e RS 5-Esmeralda de ciclo tardio. As sementes foram inoculadas com *Bradyrhizobium japonicum* e tratadas com Captan, na dose de 90 g.i.a./ 100 kg de sementes. Os cultivares foram arranjados em parcelas de 1,8 m de largura e 5,9 m de comprimento, em blocos casualizados, com três repetições. A semeadura foi realizada com uma semeadora adubadora de parcelas em 09/12/1997. A densidade de semeadura foi de 50 sementes/m², com ajuste para 25 plantas/m² por meio de desbaste em V3 (terceiro nó da planta com folha desenvolvida, de acordo com COSTA e MARCHEZAN, 1982). O espaçamento entre linhas foi de 45 cm, com adubação na dose de 300 kg/ha da fórmula 0-20-30. O experimento foi mantido livre de plantas daninhas e insetos pragas. Apesar da ocorrência de 774 mm de precipitação pluvial durante a condução do ensaio, fez-se necessária a realização de duas irrigações por inundação (banhos) na fase reprodutiva para manter o solo úmido. O rendimento de grãos foi determinado em uma área de 2,7 m². A comparação entre médias de rendimento de grãos foi feita pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Na safra de 1998/99, foram avaliados os cultivares BRS 137, BRS 138, FT-Guaíra, FT-Saray, FT-2003, IAS 5, Ivorá e OCEPAR 14, de ciclo precoce; Bragg, BR-4, BR-16, BRS 153, BRS 154, CD 201, CD203, CEP-12 Cambará, EMBRAPA 59, EMBRAPA 66, FT-2004, FT-2011, IAS 4, IPAGRO 21 e RS 7-Jacuí, de ciclo médio e os mesmos cultivares de ciclo tardio testados em 1997/98, além do cultivar CD 205. A inoculação, o tratamento de sementes, a adubação, a semeadura, o delineamento experimental, o tamanho das parcelas, o número de repetições e a análise estatística foram semelhantes aos utilizados no ensaio de 1997/98. A semeadura foi realizada em 14/11/1998. A população obtida foi de 30 a 40 plantas/m². No manejo da água, foram utilizados dois períodos de inundação (mantendo-se uma lâmina de água com 5-8 cm), sendo um de oito dias, quando as plantas estavam com seis nós do caule com folhas desenvolvidas, começando com o nó das

folhas primárias (V6), e outro de dois dias no início do enchimento de grãos (R5 - presença de grãos com 3 mm num legume dos quatro últimos nós do caule com folha desenvolvida), a fim de verificar a tolerância dos cultivares à inundação. Deve-se considerar ainda um período de dois a três dias de encharcamento do solo, após a retirada da lâmina de água, o que ampliou o estresse provocado pela inundação. Durante o período de realização do ensaio, a precipitação foi de 346 mm. O rendimento de grãos foi avaliado numa área de 4,0 m².

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O rendimento médio de grãos, no ano de 1997/98 foi de 2598 kg/ha (Tabela 1), destacando-se como mais produtivo o cultivar FT-Abyara (3727 kg/

ha), não diferindo de outros 17 cultivares. O cultivar BR-4 apresentou o menor rendimento (1555 kg/ha), referendando a sua não indicação para cultivo em solos hidromórficos, como vem sendo estabelecido pela pesquisa (UNICRUZ, 1998). O cultivar Bragg (1700 kg/ha) da mesma forma que BR-4, diferiu significativamente do cultivar FT-Abyara. Esses resultados demonstraram que existe variabilidade genética nos cultivares de soja ao excesso de água no solo. Em função disso, se efetuou uma seleção mais rigorosa nos cultivares, com dois períodos de inundação, na estação de crescimento de 1998/99, sendo obtido um rendimento médio de 1010 kg/ha, com maior rendimento no cultivar FT-2004 (2065 kg/ha), não tendo diferido de outros 14 cultivares (Tabela 1).

Tabela 1 - Rendimento médio de grãos de cultivares de soja semeadas em solo Vacacaí. Cachoeirinha-RS, 1997/98 e 1998/99

Cultivar	Ciclo	Rendimento de grãos (kg/ha)	
		Safra 1997/98 ^{1/}	Safra 1998/99 ^{2/}
CEP 16-Timbó		3345 ab*	—
BRS 137	P	—	593 c
BRS 138	r	—	1038 abc
FT-Guaíra	e	1996 ab	1190 abc
FT-Saray	c	2033 ab	851 bc
FT-2003	o	2213 ab	610 c
IAS 5	c	2641 ab	749 bc
Ivorá	e	2584 ab	941 bc
OCEPAR 14		2662 ab	1046 abc
Bragg		1700 b	1099 abc
BR-4		1555 b	1162 abc
BR-16		2873 ab	563 c
BRS 153		—	1187 abc
BRS 154		—	1746 ab
CD 201	M	—	1001 bc
CD 203	é	—	563 c
CEP 12-Cambará	d	2823 ab	839 bc
EMBRAPA 59	i	—	903 bc
Davis	o	2166 ab	—
EMBRAPA 66		2053 ab	871 bc
FT-2004		—	2065 a
FT-2011		—	735 bc
IAS 4		—	1163 abc
IPAGRO 21		—	1048 abc
RS 7-Jacuí		3151 ab	1202 abc
CEP 20-Guajuvira		3186 ab	1369 abc
FT-Abyara	T	3727 a	1312 abc
RS 9-Itaúba	a	3336 ab	847 bc
CD 205	r	—	928 bc
Cobb	d	2854 ab	597 c
FEPAGRO RS-10	i	3102 ab	1034 abc
RS 5-Esmeralda	o	1967 ab	1096 abc
Média		2598	1010
C.V. (%)		23	32

^{1/} Safra com 774 mm de precipitação pluvial e duas irrigações na fase reprodutiva.

^{2/} Safra com 346 mm de precipitação pluvial e dois períodos de inunda  o, um de oito dias, quando as plantas estavam com seis folhas desenvolvidas, e outro de dois dias no início do enchimento de grãos.

* Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey (P < 0,05).

Nos Estados Unidos, existem estudos indicando ser possível colher até 5300 kg/ha de grãos de soja em várzeas, com a utilização de sistemas de subirrigação e drenagem (COOPER et al., 1991), no entanto este sistema é oneroso devido à construção e à manutenção dos drenos. Para as condições de várzea no Brasil deve-se ter uma filosofia diferenciada, na qual a planta de soja deve adequar-se às condições impostas pela várzea e, não a várzea suprir as condições necessárias para a sobrevivência e produção da planta. Este sistema está baseado na identificação de cultivares de soja com tal capacidade ou, na transferência de tais características de alguma linhagem ou espécie por meio de métodos de melhoramento. No entanto, é mais interessante a primeira estratégia, devido a sua maior rapidez. A busca de tolerância, ao excesso de água no solo, em cultivares de soja já indicadas para cultivo no RS, se justifica pela facilidade, se identificado o material tolerante, da semeadura em várzeas, devido à disponibilidade de sementes e do conhecimento das características de importância agrônômica que foram melhoradas, como tolerância à doenças e resistência ao acamamento.

É importante que, a identificação e indicação de materiais com capacidade de adaptação e cultivo em solos de várzea seja feita o mais rápido possível, pois há grande interesse no setor orizícola pela utilização de outras culturas na rotação com arroz, principalmente para auxiliar no controle do arroz vermelho. Muitos produtores já utilizam alguns cultivares de soja na várzea, mas muitas vezes vem obtendo baixos rendimentos, devido a deficiência hídrica em algumas safras ou ao excesso de água em anos com precipitação normal. A identificação de cultivares tolerantes ao excesso de água no solo proporciona maior estabilidade no rendimento, pois possibilitaria a utilização de irrigação por inundação em anos com deficiência hídrica.

A soja tem capacidade de sobreviver e de produzir grãos em condições de excesso de água na várzea, porque desenvolve mecanismos capazes de superar, mesmo que em parte, as restrições impostas pela hipoxia, os teores elevados de elementos tóxicos no solo, as desordens metabólicas e a redução na absorção de nutrientes. Estes mecanismos estão fundamentados basicamente na formação de tecido aerenquimatoso, que se forma na base do caule, proporcionando uma rota alternativa para o fornecimento de oxigênio às raízes. A tolerância à inundação pode estar associada à velocidade de

formação do tecido aerenquimatoso. As diferenças de rendimento, obtidas nos cultivares de soja, demonstram a existência de variabilidade genética para a tolerância ao ambiente com excesso de umidade, com baixa disponibilidade de oxigênio e com presença de elementos tóxicos no solo, que caracterizam as áreas de várzea.

Na safra de 1997/98, o rendimento médio de grãos (2598 kg/ha) dos cultivares na várzea foi superior ao maior rendimento médio histórico (2091 kg/ha) da cultura no Estado do Rio Grande do Sul, ocorrido no mesmo ano (UNICRUZ, 1998). Já em 1998/99 foi verificado baixo rendimento dos cultivares (1010 kg/ha) em função da seleção mais rigorosa imposta pelos dois períodos de inundação.

As diferenças observadas entre cultivares, na tolerância às condições impostas pela inundação do solo, necessitam ser melhor estudadas, a fim de identificar qual ou quais os mecanismos envolvidos na adaptação. Sabe-se que existem mecanismos de impedimento e tolerância ao estresse, que surgem como respostas das plantas à inundação. O principal seria a reoxigenação das raízes, evitando a morte da planta. No entanto, mecanismos que envolvem a eliminação de compostos tóxicos, gerados pela respiração anaeróbica, impedimento e tolerância a teores elevados de nutrientes (principalmente Fe e Mn), capacidade de suprir N para os nódulos, atividades enzimáticas, podem estar sendo ativados de forma distinta nos cultivares, culminando em respostas diferenciadas.

CONCLUSÃO

Os cultivares indicados para semeadura no Rio Grande do Sul apresentam variabilidade genética para tolerância a condições de excesso de água no solo.

Os cultivares mais adaptados podem evitar reduções drásticas de rendimento, quando utilizados em várzeas sujeitas a excesso de água no solo.

BIBLIOGRAFIA CITADA

- BACANAMWO, M.; PURCELL, L.C. Soybean root morphological and anatomical traits associated with acclimation to flooding. **Crop Science**, Madison, v.39, n.1, p.143-149, 1999.
- BARNI, N.A.; COSTA, J.A. Efeito de períodos de inundação do solo sobre o crescimento e características morfológicas da planta de soja (*Glycine max* (L.) Merrill). **Agronomia**

- Sulriograndense**, Porto Alegre, v. 12, n. 2, p.163-172, 1976.
- COOPER, R.L.; FAUSEY, N.R.; STREETER, J.G. Yield potential of soybean under a subirrigation/drainage water management system. **Agronomy Journal**, Mádison, v.83, n.5, p.884-887, 1991.
- COSTA, J.A. **Cultura da soja**. Porto Alegre: I.Manica, J.A. Costa, 1996. 233p.
- COSTA, J.A., MARCHEZAN, E. **Características dos estádios de desenvolvimento da soja**. Campinas: Fundação Cargill, 1982. 30p.
- EVANS, L.T. **Crop evolution, adaptation and yield**. Cambridge: University Press, 1996. 500p.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. San Diego: Academic Press, 1995. 889p.
- RUSSELL, D.A; WONG, D.M.-L.; SACHS, M.M. The anaerobic response of soybean. **Plant Physiology**, Lancaster, v. 92, n.2, p.401-407, 1990.
- UNICRUZ REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL, 26., 1998, Cruz Alta. **Recomendações técnicas para a cultura da soja no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina 1998/99**. Cruz Alta, RS: UNICRUZ, 1998. 133p.
- VARTAPETIAN, B.B.; JACKSON, M.B. Plant adaptations to anaerobic stress. **Annals of Botany**, Londres, n.79, Supplement A, p.3-20, 1997.

DISPONIBILIDADE DE RADIAÇÃO SOLAR PARA O CULTIVO DO TOMATEIRO DURANTE O INVERNO NO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL¹

GALILEO ADELI BURIOL², VALDUINO ESTEFANEL³, JERÔNIMO LUIZ ANDRIOLO², RONALDO MATZENAUER⁴, IVONETE FÁTIMA TAZZO⁵

RESUMO: Com o objetivo de indicar as regiões mais favoráveis ao cultivo do tomateiro em estufa plástica, determinaram-se a média mensal da radiação solar global e o número médio de dias com valores iguais e inferiores a $8,4 \text{ MJ.m}^{-2}\text{d}^{-1}$, considerado o limite trófico inferior crítico para o desenvolvimento desta cultura e a probabilidade de ocorrerem médias mensais iguais ou inferiores a esse valor, dos meses de abril a setembro no Estado do Rio Grande do Sul. Foram utilizados os dados medidos em 24 estações meteorológicas localizadas nas diferentes regiões climáticas do Estado, período 1957-1997, pertencentes à Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária-FEPAGRO/SCT. Constatou-se que na maior parte das regiões climáticas da Depressão Central, Campanha, Serra do Nordeste e Litoral, a média mensal encontra-se abaixo do limite de $8,4 \text{ MJ.m}^{-2}\text{d}^{-1}$ nos meses de junho e julho e, nas regiões da Serra do Sudeste, Missões, Planalto e Vale do Uruguai a disponibilidade de radiação solar, nos meses de inverno, fica, em média acima deste limite.

Palavras-chave: estufa plástica, radiação solar, período invernal.

SOLAR RADIATION AVAILABILITY FOR GROWTH OF TOMATOES DURING THE WINTER IN RIO GRANDE DO SUL

ABSTRACT: In order to indicate the most favorable regions for the cultivation of tomatoes in greenhouse, the monthly average of global solar radiation and the number of days with radiation equal and lower than $8,4 \text{ MJ.m}^{-2}\text{d}^{-1}$ was measured based on the lower critical trophic limit of this crop and the probability of monthly occurrence of averages equal or lower than that value, from April to September in the State of Rio Grande do Sul. Data collected from 24 meteorological stations of the Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária – FEPAGRO/SCT, located at different climatic regions were, utilized considering the 1957 - 1997 period. In general the monthly average for the Depressão Central, Campanha, Serra do Nordeste, and Litoral regions was lower than $8,4 \text{ MJ.m}^{-2}\text{d}^{-1}$ in June and July and for the Serra do Sudeste, Missões, Planalto, and Vale do Uruguai the average for the winter months stayed above the critical limit.

Key words: plastic greenhouse, solar radiation, winter period.

INTRODUÇÃO

A produtividade das hortaliças em estufa no período invernal é determinada principalmente pela disponibilidade de energia solar (COCKSHULL et al., 1992; GARY et al., 1996). Vários dias consecutivos com baixos valores de radiação, além de reduzir o crescimento das plantas acarreta problemas na polinização e/ou no pegamento de frutos (STORCH et al., 1998). Nas estufas sem aquecimento estes problemas são intensificados quando valores baixos de radiação solar vem acompanhados de temperaturas baixas (PECAUT,

1983; ANDRIOLO et al., 1998). Para o tomateiro o limite trófico inferior é estimado em torno de $8,4 \text{ MJ.m}^{-2}\text{d}^{-1}$, equivalente a $200 \text{ cal.cm}^{-2}\text{dia}^{-1}$ (FAO, 1990).

ESTEFANEL et al. (1998) constataram que, para a região de Santa Maria, Estado do Rio Grande do Sul, entre o 3º decêndio de maio e o 2º decêndio de julho, a probabilidade de ocorrerem valores médios diários de radiação solar global iguais e inferiores a $8,4 \text{ MJ.m}^{-2}\text{d}^{-1}$ é de 50 %, sendo que no 3º decêndio de junho a probabilidade de ocorrer valores abaixo desse limite é superior a 70%. Estes valores indicam, que nos meses de junho e julho, a

¹ Trabalho apresentado no XI Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, Florianópolis-SC, 18 a 22 de julho/1999.

² Engº. Agrº. Professor do Departamento de Fitotecnia – UFSM, Bolsista do CNPq.

³ Engº. Agrº. Professor do Departamento de Fitotecnia – UFSM.

⁴ Engº. Agrº. Dr. Pesquisador da FEPAGRO/SCT. Bolsista do CNPq.

⁵ Aluna de Graduação do Curso de Agronomia – UFSM – Bolsista da FAPERGS.

Recebido para publicação em 26/11/1999.

radiação solar global disponível em Santa Maria não é suficiente para permitir o crescimento normal de hortaliças de verão, como o tomateiro.

Os resultados obtidos para Santa Maria (ESTEFANEL et al. 1998) mostram a importância de se realizar um estudo semelhante abrangendo todo o Estado do Rio Grande do Sul, permitindo, desta forma, definir o período em que se deve ter maiores cuidados no cultivo do tomateiro para as diferentes regiões. Assim, o objetivo deste trabalho foi determinar a disponibilidade de radiação solar global durante o inverno nas diferentes regiões do estado do Rio Grande do Sul, a fim de indicar quais as mais favoráveis para o cultivo do tomateiro em

ambiente protegido.

MATERIAL E MÉTODOS

Para o período de 1957 a 1997, foram determinados valores médios mensais de radiação solar global ($K\downarrow$) para os meses de abril a setembro, de 24 estações meteorológicas, pertencentes à Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária - FEPAGRO, Secretaria de Ciência e Tecnologia do Estado do Rio Grande do Sul. O período de observação variou entre as estações, em função da data de início de funcionamento da mesma e/ou da interrupção das observações (Tabela 1).

TABELA 1 - Região climática, coordenadas geográficas e número de anos de observação de radiação solar global das localidades utilizadas.

Região Climática	Estação Meteorológica	Latitude (S)	Longitude (W)	Alt. (m)	Nº. de anos
Litoral	Jaguarão	32° 33'	53° 23'	11	67-72/76-79/85-86
	Rio Grande	32° 01'	52° 15'	15	57-65/67-81/83-87
	Maquiné	29° 40'	59° 13'	32	59-90
Campanha	Bagé	31° 20'	54° 06'	214	57-70/72-82/84
	Quaraí	30° 23'	56° 26'	100	67-73/75-87/89/94-96
	Sant. do Livramento	30° 53'	55° 31'	210	67-81
	São Gabriel	30° 27'	54° 19'	109	65-69/71-73/76-87/89/91-93/96
	Cachoeirinha	29° 57'	51° 04'	22	78-97
Depressão Central	Santa Maria	29° 41'	53° 48'	153	64-90
	Taquari	29° 48'	51° 49'	76	64-96
	Alegrete	29° 46'	55° 46'	96	68/70/71/75-85
	Guaíba	30° 04'	51° 43'	46	68/71-85/90
	Júlio de Castilhos	29° 13'	53° 40'	514	57-92
Planalto e Missões	Cruz Alta	28° 38'	53° 36'	473	75-90/92-96
	Ijuí	28° 23'	53° 54'	448	64-71/74-87/89/91
	Passo Fundo	28° 15'	52° 24'	709	68-73/75-82/85
	Santo Augusto	27° 51'	53° 46'	380	70 - 85
	Vacaria	28° 30'	50° 56'	955	66-70/72-79/81-85/87
Serra do Sudeste	Encruzilhada do Sul	30° 32'	52° 31'	420	59-64/66-73/75-81/83-88
Vale do Uruguai	Erexim	27° 37'	52° 16'	760	67/68/70-73/75/76/79/81-87
	São Borja	28° 39'	56° 00'	99	57-66/73-85/87-89/91-93/97
	Uruguaiana	29° 45'	57° 05'	74	64-71/ 73/ 75-81/ 83/ 86-87
Serra do Nordeste	Farroupilha	29° 14'	51° 26'	702	64-87/ 91-92/ 96
	Veranópolis	28° 56'	51° 33'	705	57-88/ 91/ 94-96

Os dados do período compreendido entre o início das observações em cada estação meteorológica e o ano de 1977 foram coletados do INSTITUTO DE PESQUISAS AGRONÔMICAS (1979) e entre 1978 e 1997 foram obtidos diretamente dos arquivos da FEPAGRO. Com estes dados, determinou-se a média mensal e o número de meses em que o valor da intensidade de fluxo médio de radiação solar global foi igual ou inferior a $8,4 \text{ MJ.m}^{-2} \text{ d}^{-1}$. Estimou-se também o número de dias com radiação solar global igual ou inferior a esse limite, pela interpolação da diferença entre as médias de dois meses consecutivos, considerando-se as médias destes meses centradas no dia 15 dos mesmos.

Para se obter as probabilidades de ocorrência de médias mensais iguais ou inferiores a $8,4 \text{ MJ.m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ ajustou-se os dados médios mensais dos diversos anos às distribuições normal e gama, usando o teste de Lilliefors para a primeira, e o teste Kolmogorov-Smirnov para a segunda (CAMPOS, 1983). Finalmente, analisou-se a distribuição geográfica da radiação solar global utilizando-se para isto a carta do estado com as isolinhas médias de radiação solar global para o mês de junho, mês este que apresenta os valores médios de radiação solar mais baixos do ano. (INSTITUTO DE PESQUISAS AGRONÔMICAS, 1989).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados da Tabela 2 mostram que, no mês de

junho, em vários locais do Estado do Rio Grande do Sul, os valores médios de radiação solar global são inferiores a $8,4 \text{ MJ.m}^{-2} \text{ d}^{-1}$, limite trófico crítico inferior para o desenvolvimento do tomateiro. Também em julho em alguns locais, os valores médios são inferiores a este limite. Os locais que apresentam valores médios iguais ou inferiores a $8,4 \text{ MJ.m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ são principalmente aqueles localizados nas regiões climáticas do Litoral, Campanha, Depressão Central e Serra do Nordeste. Nas Regiões Climáticas do Planalto, Missões, Serra do Sudeste e Vale do Uruguai, as médias encontram-se acima deste valor nos meses inverniais. Entretanto, deve-se considerar que em alguns locais e em parte dessas regiões, os valores médios podem divergir dos limites de enquadramento da região. No caso da Serra do Nordeste, tomando-se os dados de Veranópolis, as médias nos meses de inverno ficam acima de $8,4 \text{ MJ.m}^{-2} \text{ d}^{-1}$. Entretanto, em Farroupilha os valores apresentam-se abaixo deste limite. Neste caso, como Veranópolis está localizada muito próxima à região do Planalto, onde ocorrem valores médios acima de $8,4 \text{ MJ.m}^{-2} \text{ d}^{-1}$, supõe-se que na maior parte da Serra do Nordeste, os valores de radiação solar global encontram-se mais próximos daqueles obtidos para Farroupilha, ou seja, iguais ou inferiores a $8,4 \text{ MJ.m}^{-2} \text{ d}^{-1}$. Esta conclusão é reforçada ao constatar-se que na região de Farroupilha a frequência de dias com nevoeiros no período invernal é elevada (INSTITUTO DE PESQUISAS AGRONÔMICAS, 1979) (Tabela 2).

TABELA 2 - Radiação solar global média ($k\downarrow$) em MJ.m².d⁻¹ e desvio-padrão (s) dos meses de abril a setembro, período de 1957-1997, para as diferentes estações meteorológicas utilizadas.

Região Climática e Estação Meteorológica	abr.		mai.		jun.		jul.		ago.		set.	
	$K\downarrow$	s	$K\downarrow$	s	$K\downarrow$	s	$K\downarrow$	s	$K\downarrow$	s	$K\downarrow$	s
LITORAL												
Jaguarão	13,4	1,1	10,3	1,4	8,1	1,7	8,7	2,7	10,2	2,2	13,3	2,1
Rio Grande	14,4	2,9	10,7	2,0	8,6	1,5	8,6	1,8	10,9	2,1	13,8	2,8
Maquiné	11,5	2,1	9,5	2,2	8,0	1,5	8,4	1,5	9,4	2,0	10,9	2,3
CAMPANHA												
Bagé	12,5	2,0	9,7	1,8	7,8	1,8	7,9	1,3	10,4	1,9	13,3	2,8
Quaraí	13,5	1,7	10,6	1,5	8,8	1,9	9,3	2,0	11,4	1,5	14,7	1,8
Santana do Livramento	13,3	1,3	9,4	1,0	7,8	1,0	7,9	1,0	10,3	1,5	13,5	1,5
São Gabriel	12,8	1,4	10,4	1,4	8,2	1,0	8,2	1,0	11,0	1,4	13,9	1,5
DEPRESSÃO CENTRAL												
Cachoeirinha	13,5	1,4	10,6	1,2	8,9	0,9	9,2	1,4	10,6	2,0	13,8	1,2
Santa Maria	12,7	1,5	10,0	1,5	8,1	1,1	8,6	1,2	10,1	1,8	13,3	2,1
Taquari	12,6	1,3	9,9	1,0	10,4	1,4	12,8	1,4	16,4	1,4	19,2	1,7
Alegrete	13,0	1,1	9,8	0,8	8,0	1,1	9,0	1,4	10,5	1,1	13,4	1,6
Guaíba	12,8	1,3	10,2	1,3	8,6	1,2	8,9	1,3	10,6	1,5	13,4	1,4
PLANALTO												
Julio de Castilho	12,2	2,2	9,8	2,2	8,2	1,8	8,7	2,0	10,2	2,3	12,6	2,9
Cruz Alta	13,6	1,9	10,5	1,4	9,0	1,6	9,8	1,6	11,6	1,7	14,2	2,2
Ijuí	14,7	2,7	11,1	2,0	9,3	1,5	9,9	1,7	11,7	1,7	15,1	2,5
Passo Fundo	13,3	0,9	10,8	0,8	8,9	1,1	9,6	0,9	10,8	1,0	13,5	0,8
Santo Augusto	13,6	1,7	10,7	1,5	8,9	1,2	9,5	1,3	10,8	1,1	14,1	1,2
Vacaria	14,3	1,6	11,1	1,2	9,4	1,1	9,8	1,2	11,1	1,0	13,8	1,2
SERRA DO SUDESTE												
Encruzilhada do Sul	12,8	2,2	10,5	1,9	8,4	1,7	8,6	1,4	10,1	1,9	12,8	2,0
VALE DO URUGUAI												
Erexim	12,3	5,0	9,8	4,0	8,3	3,3	8,8	3,5	10,0	3,8	12,1	4,6
São Borja	13,3	1,8	10,8	1,1	9,2	1,3	9,3	1,1	11,2	1,4	14,0	2,0
Uruguaiana	13,3	1,9	10,7	1,3	8,5	2,3	8,7	2,3	10,9	2,8	12,6	5,4
SERRA DO NORDESTE												
Farroupilha	12,4	1,5	9,7	1,3	8,1	1,0	8,8	1,0	9,9	1,3	12,7	1,6
Veranópolis	14,8	2,7	12,2	2,6	10,4	2,3	11,0	2,7	12,3	2,3	15,0	2,6

Outro caso a considerar, refere-se a Erexim, município localizado na parte norte do Vale do Uruguai, onde o valor médio do mês de junho é inferior a $8,4 \text{ MJ.m}^{-2}\text{d}^{-1}$. Sabendo-se, ainda, que Iraí, igualmente localizado na parte norte desta região climática, é um dos locais do Estado onde ocorre menor insolação (ARAUJO, 1930; MACHADO, 1950), conclui-se que a parte norte do Vale do Uruguai, no caso o Alto Vale do Uruguai, é uma região que também apresenta valores de radiação solar global insuficientes ao desenvolvimento do tomateiro. Na Depressão

Central é importante considerar que na parte leste, com base nos dados de radiação solar de Taquari e Guaíba, os valores médios em todos os meses são superiores a $8,4 \text{ MJ.m}^{-2}\text{d}^{-1}$, o mesmo acontecendo com os valores médios de Rio Grande, no Litoral, e de Quaraí, situada na região da Campanha.

Com relação ao número médio estimado de dias com valores de radiação solar global inferiores a $8,4 \text{ MJ.m}^{-2}\text{d}^{-1}$ (Tabela 3), verifica-se que em algumas localidades como em Santana do Livramento o mesmo pode atingir até 47 dias.

TABELA 3 - Número médio estimado de dias com valores de radiação solar global ($K\downarrow$) igual ou inferior a $8,4 \text{ MJ.m}^{-2}\text{d}^{-1}$ para as diferentes estações meteorológicas utilizadas.

Região Climática	Estação Meteorológica	Nº dias	Período
Litoral	Jaguarão	21	11/06 - 01/07
	Rio Grande		
Campanha	Maquiné	36	08/06 - 13/07
	Bagé	45	06/06 - 20/07
	Quaraí		
	Santana do Livramento	47	05/06 - 21/07
	São Gabriel	35	13/06 - 17/07
Depressão Central	Cachoeirinha		
	Santa Maria	20	11/06 - 30/06
	Taquari		
	Alegrete	17	09/06 - 25/06
	Guaíba		
Planalto e Missões	Júlio de Castilhos	16	11/06 - 26/06
	Cruz Alta		
	Ijuí		
	Passo Fundo		
	Santo Augusto		
	Vacaria		
	Encruzilhada do Sul		
Serra do Sudeste Vale do Uruguai	Erexim	8	13/06 - 20/06
	São Borja		
	Uruguaiana		
Serra do Nordeste	Farroupilha	18	10/06 - 27/06
	Veranópolis		

Este valor é considerado bastante elevado, mostrando que nos meses de junho e julho é praticamente inviável o cultivo do tomateiro nesta região. Outros locais, como Bagé, Maquiné e São Gabriel também apresentaram valores bastante elevados dessa variável, acima de 30 dias.

Os desvios-padrão dos valores médios (Tabela 2), mostram uma elevada variabilidade anual da radiação solar global mensal. Locais como Rio

Grande, Maquiné, Bagé, Quaraí, Júlio de Castilhos, Ijuí, Encruzilhada do Sul, Erexim e Veranópolis apresentam desvios-padrão acima de $1,7 \text{ MJ.m}^{-2}\text{d}^{-1}$, praticamente, em todos os meses analisados. Em Veranópolis e Erexim os valores são ainda mais elevados, da ordem de 2,5 e $4,0 \text{ MJ.m}^{-2}\text{d}^{-1}$, respectivamente.

Em função dos elevados desvios-padrão, é de se esperar que, mesmo nos locais e meses em

que os valores médios de radiação solar global foram superiores a $8,4 \text{ MJ.m}^{-2}\text{d}^{-1}$, exista probabilidade de ocorrerem dias com valores mensais inferiores a este limite. Isto pode ser constatado pelos dados da Tabela 4, os quais foram obtidos pela distribuição normal. Observa-se que, de maio a junho em todos os locais, existe probabilidade de ocorrer valores

iguais ou inferiores a $8,4 \text{ MJ.m}^{-2}\text{d}^{-1}$. Tomando-se o mês de junho como exemplo, mês de médias mais baixas, nos locais de Jaguarão, Maquiné, Bagé, Santana do Livramento, São Gabriel, Santa Maria, Alegrete, Júlio de Castilhos e Farroupilha, a probabilidade de ocorrerem dias com valores iguais ou inferiores a $8,4 \text{ MJ.m}^{-2}\text{d}^{-1}$ é superior a 50%.

TABELA 4 - Probabilidade de ocorrência de valores médios diários de radiação solar global ($k\downarrow$) igual ou inferior a $8,4 \text{ MJ.m}^{-2}\text{d}^{-1}$ nos meses de abril a setembro para as diferentes estações meteorológicas utilizadas.

Região Climática	Estação Meteorológica	abr.	mai.	jun.	jul.	ago.	set.
Litoral	Jaguarão	<0,01	0,09	0,57	0,46	0,21	<0,01
	Rio Grande	0,03	0,13	0,43	0,45	0,11	0,03
	Maquiné	0,07	0,30	0,58	0,49	0,31	0,13
Campanha	Bagé	0,03	0,24	0,61	0,63	0,14	0,04
	Quaraí	<0,01	0,08	0,41	0,32	0,03	<0,01
	Santana do Livramento	<0,01	0,14	0,70	0,69	0,10	<0,01
Depressão Central	São Gabriel	<0,01	0,13	0,55	0,59	0,04	<0,01
	Cachoeirinha	<0,01	0,03	0,28	0,29	0,13	<0,01
	Santa Maria	<0,01	0,13	0,59	0,42	0,16	<0,01
	Taquari	<0,01	0,06	0,08	0,00	0,00	<0,01
	Alegrete	<0,01	0,03	0,64	0,32	0,03	<0,01
Planalto e Missões	Guaíba	<0,01	0,08	0,43	0,34	0,07	<0,01
	Júlio de Castilhos	0,04	0,26	0,55	0,44	0,22	0,07
	Cruz Alta	<0,01	0,07	0,34	0,18	0,03	<0,01
	Ijuí	<0,01	0,08	0,26	0,19	0,03	<0,01
	Passo Fundo	<0,01	<0,01	0,32	0,08	<0,01	<0,01
	Santo Augusto	<0,01	0,06	0,32	0,20	0,02	<0,01
	Vacaria	<0,01	0,02	0,17	0,13	<0,01	<0,01
Serra do Sudeste	Encruzilhada do Sul	0,03	0,14	0,49	0,45	0,18	0,01
	Erexim	0,03	0,11	0,30	0,19	0,97	<0,01
Vale do Uruguai	São Borja	<0,01	0,01	0,25	0,20	0,03	<0,01
	Uruguaiana	<0,01	0,03	0,28	0,29	<0,01	<0,01
	Farroupilha	<0,01	0,16	0,62	0,33	0,13	<0,01
Serra do Nordeste	Veranópolis	<0,01	0,08	0,20	0,17	0,05	<0,01

A carta de radiação solar global média de junho, para o Estado do Rio Grande do Sul (Figura 1), mostra a distribuição geográfica dos resultados apresentados neste trabalho. Observa-se que as áreas

de maior radiação solar, acima de $8,4 \text{ MJ.m}^{-2}\text{d}^{-1}$, localizam-se no Planalto, Missões, Vale do Uruguai e Serra do Sudeste (Figura 1).

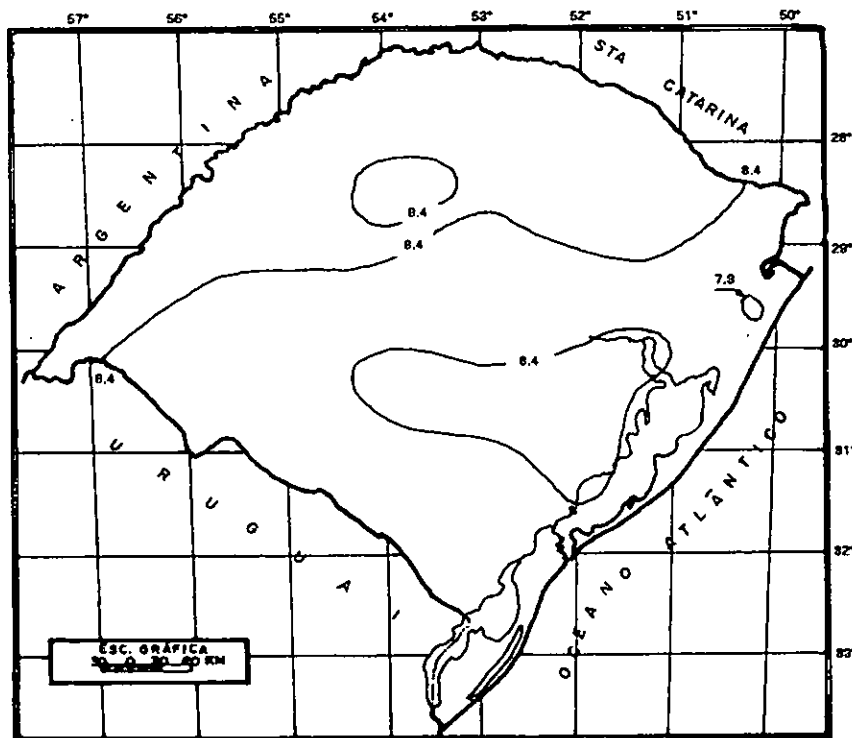


FIGURA 1 - Carta de radiação solar global média ($\text{MJ.m}^{-2}\text{d}^{-1}$) para o mês de junho, Estado do Rio Grande do Sul (INSTITUTO DE PESQUISAS AGRONÔMICAS, 1989). No original os valores de radiação solar global estão em $\text{cal.cm}^{-2}\text{dia}^{-1}$.

CONCLUSÕES

Os valores médios de radiação solar global nos meses de junho e julho na maior parte das regiões climáticas da Campanha, Depressão Central, Litoral e Serra do Nordeste são insuficientes para o desenvolvimento e crescimento satisfatório do tomateiro. A parte norte da região do Vale do Uruguai, e o Alto Vale do Uruguai também apresentam valores médios abaixo do limite trófico crítico para o desenvolvimento do tomateiro. Nas demais regiões do Estado, as condições de radiação solar, para o cultivo do tomateiro nos meses de inverno, são satisfatórias.

BIBLIOGRAFIA CITADA

- ANDRIOLO, J. L., STRECK, N. A., BURIOL, G. A., LUDKE, L. Growth, development and dry matter distribution of a tomato crop as affected by environment. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*. v. 73, n 1, p. 125-130, 1998.
- ARAÚJO, L. C. de, *Memórias sobre clima do Rio Grande do Sul*. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura, Indústria e Comércio, 1930, 101 p.
- CAMPOS, H. de, *Estatística não paramétrica*, 4ª ed., Piracicaba ESALQ/USP, p. 349, 1983.
- COCKSHULL, K. E., GRAVES, C. J., CAVE, C. R. J. The influence of shading on yield of glasshouse tomatoes. *Journal of Horticultural Science*., v. 67, n 1, p. 11-24, 1992.
- ESTEFANEL, V., BURIOL, G. A., ANDRIOLO, J. L., LIMA, C. P., LUZZI, N. Disponibilidade de radiação solar nos meses de inverno para o cultivo do tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill) na região de Santa Maria, RS. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.28, n 4, p. 553-559, 1998.
- FAO- *Protected cultivation in the mediterranean climate*. Roma, FAO, 1990, 313p. (Plant Production and Protection paper, n 90).
- GARY, C., BAILLE, A., NAVARRETE, M., ESPANET, R. TOMPOUSSE, un modele simplifié de prévision du rendement et du calibre de la tomate. In: *Séminaire de L'AIP "Serres"*, Alenya, INRA, 1996. 10p.
- INSTITUTO DE PESQUISAS AGRONÔMICAS.

- Observações meteorológicas no Estado do Rio Grande do Sul.** Porto Alegre, Secretaria da Agricultura e Abastecimento, 1979, 271 p. (Boletim Técnico n 3).
- INSTITUTO DE PESQUISAS AGRONÔMICAS. **Atlas Agroclimático do Estado do Rio Grande do Sul.** Porto Alegre, Secretaria da Agricultura e Abastecimento, 1989, v 1, 102 p.
- MACHADO, F.P. **Contribuição ao estudo do clima do Rio Grande do Sul.** Rio de Janeiro, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1950, 91 p.
- PECAUT, P., Connaissance et amélioration du matériel vegetal. In: **L'INRA et les cultures sous serre.** Paris Institut National de la Recherche Agronomique, 1983 p.135 – 174 (230p).
- STORCH, N.L.; SCHVAMBACH, J.L.; BURIOL, G. A. Influência da temperatura do ar e da radiação solar na fixação e produção de frutos do pepino. In: **X Salão de Iniciação Científica e VII Feira de Iniciação Científica.** 1998, Porto Alegre. **Livro de resumos.** Porto Alegre; UFRGS, 1998. P.93

IDENTIFICAÇÃO DE CULTIVARES DE MILHO COM BASE NA ANÁLISE DE ESTABILIDADE FENOTÍPICA

VALÉRIA SCHIMITZ MARODIM¹, LINDOLFO STORCK², SIDINEI JOSÉ LOPES³, OSMAR SOUZA DOS SANTOS⁴, MARCELO FERNANDES DE SOUZA⁵

RESUMO - Dados de rendimento de grãos de milho foram usados com o objetivo de identificar os cultivares que apresentam os melhores resultados em relação à expectativa de produtividade. Procedeu-se a análise conjunta, para cada ciclo, e a análise de estabilidade fenotípica pelo modelo bi-segmentado descontínuo desbalanceado (STORCK, 1989). O total de ambientes (1994/95 e 1995/96) nos ciclos superprecoce, precoce e normal foi, respectivamente, 18, 20 e 19, e o número de cultivares foi 34, 44 e 19, respectivamente. Os cultivares foram classificados para ambientes médios, máximos, acima da média, diversos (qualquer ambiente), inferiores e cultivares não recomendados. Os cultivares Agromen 3050, C 969, AGX 6272, Dina 170, Dina 771, P 3063, AG 672 e AG 9023 são os que apresentam um desempenho mais próximo do ideal (ambiente diverso); os cultivares AG 9012, AG 9014, Dina 766, AG 521 e AG 951 são recomendados apenas para ambientes de alta expectativa de produtividade.

Palavras-chave: *Zea mays* L., híbrido, genótipo x ambiente, produção de grão.

MAIZE CULTIVAR RECOMMENDATION BASED ON PHENOTYPIC STABILITY ANALYSIS

ABSTRACT - Grain yield was used to perform a phenotypic stability analysis in maize. The yield data were obtained from a group of maize trials classified as very early, early and normal cycles. Data were analyzed within each maturity group and phenotypic stability was done using the unbalanced discontinuous bi-segmented model (STORCK, 1989). A total of 18, 20, and 19 environments (1994/95 and 1995/96 growing seasons) and 34, 44, and 19 cultivars were used in the analysis for very early, early and normal maturity groups, respectively. Cultivars were ranked from intermediate, maximum, higher than intermediate, diverse and lower environment to not recommend. The cultivars Agromen 3050, C 969, AGX 6272, Dina 170, Dina 771, P 3063, AG 672 and AG 9023 are those that performed well in a diverse environmental conditions. The cultivars AG 9012, AG 9014, Dina 766, AG 521 and AG 951 are only recommended for environmental conditions related to high yield expectation.

Key words: *Zea mays* L., hybrid, genotype x environment, grain yield.

INTRODUÇÃO

O milho é uma cultura produzida praticamente em todo o Território Nacional, este fato mostra a sua importância social e econômica, além de evidenciar as diferentes formas de produção em relação ao clima, solo e tecnologia. O rendimento de grãos dos diferentes cultivares são influenciados por fatores ambientais, que podem variar entre locais e/ou anos, podendo haver interação entre cultivares e ambiente, ou seja, a forma com que cada cultivar responde à variação ambiental (MUNGOMERY et

al., 1974; VERNETTI et al., 1990). O estudo detalhado da interação genótipo x ambiente é recomendado para melhor caracterizar e permitir determinar quais são os melhores cultivares para as diferentes condições ambientais. Para fins de recomendação para os agricultores, pode-se identificar um cultivar estável e/ou que responda às melhorias das condições ambientais (MINOR e BERLATO, 1977).

As primeiras avaliações do comportamento dos cultivares, através do estudo da interação genótipo x ambiente, foi proposto por YATES e COCHRAN

¹Engenheiro Agrônomo, Mestre em Agronomia, UFSM.

²Engenheiro Agrônomo, Dr., Prof. Titular do Departamento de Fitotecnia da UFSM. 97105-900 Santa Maria, RS. Bolsista do CNPq. E-mail: storck@ccr.ufsm.br (Autor para correspondência)

³Engenheiro Agrônomo, Mestre, Professor Assistente, UFSM

⁴Engenheiro Agrônomo, Dr., Prof. Aposentado, CCR/UFSM, Pesquisador do CNPq.

⁵ Acadêmico do Curso de Agronomia da UFSM

Recebido para publicação em 10/12/1999.

(1938), e consistia em analisar os diversos cultivares em vários ambientes. FINLAY e WILKINSON (1963) desenvolveram um método de regressão linear, para avaliar o comportamento das plantas utilizando apenas os dados de rendimento. Este método foi modificado por EBERHART e RUSSEL (1966), com a introdução da estatística desvio da regressão. VERMA et al. (1978) dividiram os ambientes em duas partes, com dois segmentos de reta, um para ambientes desfavoráveis (negativo) e outro para ambientes favoráveis (positivo). STORCK (1989) propôs um modelo linear bi-segmentado descontínuo, incluindo um parâmetro de descontinuidade com independência entre os dois segmentos de reta, permitindo melhor caracterização das respostas dos cultivares em relação à variação ambiental.

A análise de estabilidade fenotípica de cultivares, através do modelo de regressão bi-segmentada, possui maior flexibilidade para a caracterização das diferentes respostas dos genótipos à variação ambiental, em relação ao modelo de regressão linear simples. Entretanto, SILVA (1998) ressalta que a fixação arbitrária do índice ambiental zero, como ponto comum de alteração das taxas de respostas dos genótipos é um aspecto crítico desse modelo. Por esse motivo, ele propôs o modelo de análise de adaptabilidade por regressão bi-segmentada com estimação da junção dos segmentos. Utilizando cultivares de milho, STORCK (1998) sugere o modelo bi-segmentado descontínuo desbalanceado, visando um maior número de ambientes na análise, desde que: as faltas de cultivares sejam distribuídas de forma uniforme

aproximadamente, nos diferentes ambientes e que a falta de cultivares não ultrapasse 25%. Cada cultivar deve ocorrer pelo menos em dois ambientes favoráveis e em dois desfavoráveis.

Este estudo foi desenvolvido com o objetivo de identificar os cultivares de milho, que apresentam melhores resultados em relação à variação ambiental, utilizando o modelo bi-segmentado descontínuo desbalanceado (STORCK, 1998).

MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados os dados de rendimento de grãos (t/ha) de grupos de ensaios de milho, de ciclo superprecoce (34 cultivares em 18 locais), precoce (44 cultivares em 20 locais) e normal (19 cultivares em 19 locais), conforme classificação dos cultivares adotados pelos coordenadores dos ensaios, ou seja pela soma térmica atingida até o pendoamento. Estes ensaios fazem parte da Rede Estadual de Ensaios de cultivares recomendados do Rio Grande do Sul, coordenada pela Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária (FEPAGRO), com a participação de algumas empresas ligadas à pesquisa.

Os ensaios, nos anos de 1994/95 e 1995/96, foram conduzidos segundo o delineamento experimental de blocos ao acaso, com até quatro repetições, e unidades experimentais variando entre 8 e 10 m². A densidade de semeadura recomendada foi de 65.000 (superprecoce), 55.000 (precoce) e 50.000 plantas/ha (normal). Os locais do ano de 1994/95 mais os locais de 1995/96 formaram a totalidade dos ambientes para cada ciclo dos cultivares (Tabela 1).

TABELA 1 - Ano, número de cultivares (NC) e índice ambiental ($\hat{\tau}_j$) para os ambientes dos grupos de ensaios de milho de ciclo superprecoce, precoce e normal.

Amb.	Superprecoce			Precoce			Normal		
	Ano	NC	$\hat{\tau}_j$	Ano	NC	$\hat{\tau}_j$	Ano	NC	$\hat{\tau}_j$
1	94/95	20	-2,50	94/95	33	-2,00	94/95	15	-1,45
2	94/95	20	-0,08	94/95	33	4,08	94/95	15	3,01
3	94/95	20	-0,23	94/95	33	-1,10	94/95	15	0,09
4	94/95	20	0,40	94/95	33	-0,62	94/95	15	0,88
5	94/95	20	-0,19	94/95	33	0,23	94/95	15	0,08
6	94/95	20	3,11	94/95	33	1,91	94/95	15	0,07
7	94/95	20	0,37	94/95	33	1,07	94/95	15	2,86
8	94/95	20	-1,04	94/95	33	-0,99	94/95	15	-0,35
9	94/95	20	2,35	94/95	33	1,68	94/95	15	0,22
10	94/95	20	0,47	94/95	33	0,79	94/95	15	1,57
11	95/96	32	-3,31	95/96	32	4,06	94/95	15	0,11
12	95/96	32	-1,88	95/96	32	-2,09	95/96	14	-2,54
13	95/96	32	-0,49	95/96	32	-1,95	95/96	14	1,02
14	95/96	32	1,80	95/96	32	-2,58	95/96	14	-3,61
15	95/96	32	3,68	95/96	32	2,37	95/96	14	-1,04
16	95/96	32	-2,93	95/96	32	0,37	95/96	14	-0,34
17	95/96	32	0,45	95/96	32	-3,80	95/96	14	3,85
18	95/96	32	-0,00	95/96	32	-0,60	95/96	14	-1,91
19	-	-	-	95/96	32	-0,26	95/96	14	-2,51
20	-	-	-	95/96	32	-0,56	-	-	-

Procedeu-se a análise conjunta para testar hipóteses sobre o efeito da interação e da variância dos ambientes dentro de cada cultivar. Para os cultivares em que a variância de ambientes foi significativa, procedeu-se a análise de estabilidade pelo modelo bi-segmentado descontínuo desbalanceado com ajuste devido aos erros nas variáveis (STORCK, 1998). A estimação e os testes de hipóteses foram executados com o uso do programa BSDD (Modelo bi-segmentado descontínuo desbalanceado), desenvolvido por STORCK (1998).

A classificação dos cultivares deu-se em função de sua média, nos ambientes inferiores e/ou superiores e no geral, comparada com a média geral de todos os cultivares nessas condições, em função das estimativas dos parâmetros da equação bi-segmentada descontínua, da qualidade do ajustamento, da menor variância dos desvios e/ou do maior coeficiente de determinação (R^2). Assim, foram identificadas as seguintes categorias de cultivares:

- a) Cultivares recomendados apenas para ambientes médios – são aqueles com média acima da média geral dos ensaios, com β_1 maior ou igual a 1,0, com β_2 negativo e R^2 alto (maior que 80%);
- b) Cultivares recomendados apenas para ambientes máximos – são aqueles com média no ambiente inferior abaixo da média dos ambientes inferiores, e média no ambiente superior acima da média dos ambientes superiores, com $\beta_1 > 1$ e $\beta_2 > 0$ e R^2 alto, sendo a expectativa de produção, no ambiente máximo, muito alta;
- c) Cultivares recomendados apenas para ambientes acima da média – são aqueles cultivares com média nos ambientes inferiores, abaixo da média dos ambientes inferiores e com média, nos ambientes superiores, acima da média dos ambientes superiores, com $\beta_1 + \beta_2$ maior que um, e coeficiente de determinação alto;
- d) Cultivares recomendados para qualquer ambiente – são os cultivares com média, no ambiente inferior e superior, acima das médias (dos ambientes inferiores e superiores, respectivamente), sendo β_1 menor que um e $\beta_1 + \beta_2$ maior que 1,0 e com R^2 alto;
- e) Cultivares recomendados para ambientes inferiores – são os cultivares com média acima da média geral dos ensaios, média inferior acima da média dos ambientes inferiores e média superior abaixo da média dos ambientes superiores, com β_1 menor que 1,0 e β_2 menor que zero e R^2 alto; e,
- f) Cultivares não recomendados – são os cultivares com média abaixo da média geral e/ou R^2 baixo, não se enquadrando nas classes acima.

Essas classificações permitem que sejam indicados os cultivares aos produtores mediante avaliação do histórico de cada produtor e da proposta de tecnologias (adubação, irrigação, máquinas, e outros) a serem empregadas na lavoura.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os ambientes onde foram executados os ensaios, o ano, o número de cultivares (NC) e o índice ambiental ($\bar{\tau}_j$) para os ciclos superprecoce, precoce e normal estão representados na Tabela 1. Observa-se, para os três ciclos, o desbalanceamento dos dados, através dos diferentes números de cultivares de um ano para outro devido à substituição de cultivares. Dos 18 ambientes do ciclo superprecoce, 10 foram classificados como piores ($\bar{\tau}_j < 0$) e oito como melhores ($\bar{\tau}_j > 0$). Em 20 ambientes do ciclo precoce, 11 foram considerados piores, e nove, melhores. Em 19 ambientes de ciclo normal, 8 foram os piores e 11 os melhores. Pôde-se observar que, essas classificações dos ambientes estiverem associadas com fatores de redução de produtividade, em que, entre os piores ambientes, ocorreram vários fatores tais como: estiagem, variação no florescimento, vento, excesso de chuva, granizo, pragas e baixo pH do solo. Nos melhores ambientes, a frequência desses fatores foi três vezes menor.

A interação cultivar x ambiente foi significativa, como também foram significativas, em nível de 1% de probabilidade de erro, as variações entre ambientes dentro de todos os cultivares, nos três ciclos, condições estas adequadas para a análise de estabilidade.

Os principais resultados das análises de estabilidade estão apresentados na Tabela 2 (superprecoce), Tabela 3 (precoce) e Tabela 4 (normal). Nenhum cultivar, nos três ciclos, teve a

hipótese $H_0: \beta_3 = 0$ rejeitada. Para as hipóteses $H_0: \beta_1 = 1$ e $H_0: \beta_2 = 0$ ocorreram poucos casos de rejeição, sendo que nenhum cultivar de ciclo precoce (Tabela 3) teve a hipótese $H_0: \beta_1 = 1$ ou $H_0: \beta_2 = 0$ rejeitada. Todos os R^2 , para os três grupos de

cultivares (superprecoce, precoce e normal) foram significativos e maiores do que 80% e as médias dos R^2 nos três grupos é igual a 94%. Não se pode, então, afirmar que houve cultivar com baixo R^2 . Assim, a caracterização dos cultivares é baseada, com maior ênfase, nas médias dos cultivares em ambientes inferiores e/ou superiores e na média geral.

TABELA 2 - Estimativas dos parâmetros (β_1 e β_2) do modelo bi-segmentado descontínuo, médias em ambientes inferiores, superiores e geral e coeficiente de determinação (R^2) para os cultivares de milho de ciclo superprecoce (t/ha)

Cultivar	β_1	β_2	Média inferior	Média superior	Média geral	R^2
1 AG 513	0,989	-0,272	5,312	7,648	6,480	91,49
2 AG 6012	1,082	-0,047	5,620	8,357	6,836	91,48
3 Agromen 2012	1,131	-0,064	5,258	8,574	6,732	96,10
4 Agromen 3000	0,869	-0,061	5,326	7,551	6,315	94,52
5 Agromen 3050	0,808	0,207	5,732	8,698	7,050	84,51
6 XL 330	1,083	-0,262	5,097	8,484	6,602	88,29
7 XL 510	1,032	0,084	4,867	7,829	6,183	92,05
8 XL 520	0,868	0,700	5,557	6,738	6,148	91,53
9 C 701	0,893	0,320	4,948	8,122	6,359	90,97
10 C 805	1,048	0,000	5,387	8,265	6,666	90,69
11 C 808	1,177	-0,362	5,541	8,664	6,929	95,50
12 C 855	0,914	0,241	5,518	8,575	6,877	92,41
13 C 901	0,850	-0,129	5,312	8,421	6,694	95,13
14 C 969	0,745	0,160	5,105	8,317	6,533	91,92
15 Veloz	0,892	0,143	4,701	7,501	5,946	89,88
16 Hatã 2000	1,152	0,095	4,607	7,368	5,834	93,83
17 P 3069	1,106	-0,268	5,293	8,301	6,630	92,76
18 P 3072	0,973	-0,008	5,482	8,098	6,645	97,15
19 Zeneca 8392	1,134	-0,116	5,386	7,776	6,448	85,17
20 Save 394	1,349	-0,295	4,187	7,101	5,482	90,92
21 AGX 6272	0,564	0,407	5,022	8,651	6,383	97,05
22 AG 9012	1,039	0,312	4,973	9,157	6,542	97,54
23 AG 9014	0,776	0,415	4,772	8,815	6,288	94,82
24 AS 22	1,036	0,089	4,301	7,819	5,620	97,30
25 Agromen 3060	0,900	0,096	5,362	8,493	6,536	99,22
26 Agromen 3100	0,722	0,369	4,976	7,265	5,834	95,10
27 XL 220	1,188	-0,779	4,667	8,333	6,042	96,63
28 C 501	1,112	0,135	4,008	7,450	5,299	94,41
29 C 606	1,072	-0,441	4,544	7,901	5,803	97,18
30 C 956	1,181	-0,042	4,737	8,231	6,047	98,39
31 Dina 766	0,966	0,148*	4,827	8,713	6,285	99,94
32 Dina 769	0,908	0,143	4,619	8,347	6,017	99,71
33 G 740	1,140	-0,463	4,423	8,298	5,876	98,14
34 Zeneca 8202	1,164	0,016	4,896	8,104	6,099	98,19
Média	-	-	5,011	8,117	6,296	94,12

* = hipóteses ($H_0: \beta_1 = 1$; $H_0: \beta_2 = 0$) rejeitadas em 5% de probabilidade de erro.

TABELA 3 - Estimativas dos parâmetros (β_1 e β_2) do modelo bi-segmentado descontínuo, médias em ambientes inferiores, superiores e geral e coeficiente de determinação (R^2) para os cultivares de milho de ciclo precoce (t/ha)

Cultivar	β_1	β_2	Média inferior	Média superior	Média geral	R^2
1 AG 122	1,031	-0,270	4,922	8,207	6,400	93,40
2 AG 211	0,730	0,275	4,692	8,115	6,232	95,54
3 AG 215	1,197	-0,105	5,020	8,004	6,362	93,63
4 AG 303	1,094	-0,193	4,242	7,580	5,744	95,69
5 AG 519	0,906	0,084	4,458	7,101	5,647	93,61
6 AG 521	1,093	0,272	4,673	8,587	6,434	93,29
7 AG 2011	0,929	0,083	4,726	8,046	6,220	93,97
8 AG 1041	1,289	-0,236	4,437	8,348	6,197	95,68
9 BR 206	-0,166	0,362	3,916	6,575	5,512	80,14
10 Agromen 2003	1,241	-0,131	4,574	7,679	5,971	93,18
11 Agromen 2007	0,905	0,096	4,766	7,913	6,182	93,49
12 Agromen 2010	1,100	-0,194	4,338	7,830	5,909	96,49
13 Agromen 2014	0,965	-0,281	4,856	8,147	6,337	93,95
14 XL 212	1,058	0,135	4,937	8,582	6,577	93,17
15 XL 560	0,703	0,405	4,772	7,970	6,211	86,15
16 XL 561	1,131	0,010	4,658	7,619	6,435	97,28
17 C 505	0,929	0,184	5,246	8,442	6,684	95,64
18 C 511-A	1,029	-0,079	4,333	7,638	5,820	90,06
19 C 555	1,443	-0,335	4,915	8,139	6,849	98,69
20 CO 4684	1,064	-0,217	4,770	6,565	5,847	97,42
21 Dina 70	0,641	0,204	4,168	7,441	6,132	92,03
22 Dina 170	0,664	1,071	5,310	8,746	7,371	97,99
23 Dina 556	1,321	-0,101	5,423	9,103	7,079	95,08
24 Dina 766	0,986	-0,162	5,387	8,389	7,188	94,87
25 Dina 771	0,642	0,425	5,728	8,039	7,114	91,25
26 G 85	1,137	-0,256	4,813	8,386	6,421	97,00
27 G 133-S	0,999	0,113	4,925	8,673	7,174	97,13
28 G 740	1,591	-0,857	4,520	7,192	6,123	92,83
29 G 800	1,085	-0,397	5,144	8,340	6,582	92,05
30 P 3063	0,715	0,439	5,102	8,527	6,643	96,00
31 P 3099	0,930	0,149	4,991	8,308	6,484	94,21
32 P 3207	0,943	0,003	4,814	8,323	6,393	89,81
33 Zeneca 8455	0,337	0,593	4,825	7,390	6,364	92,31
34 AGX 2314	1,224	0,080	4,674	7,717	5,587	98,09
35 AG 5011	1,049	-0,464	4,896	9,534	6,288	96,85
36 AG 8012	1,128	0,188	4,968	9,585	6,353	95,47
37 XL 210	0,489	0,399	4,237	8,600	5,546	94,99
38 C 444	0,990	-0,094	4,799	9,141	6,102	92,53
39 CEP 304	1,155	-0,617	3,543	7,954	4,866	96,44
40 Dina 657	1,083	-0,001	5,200	9,291	6,427	89,56
41 P 3041	1,120	0,091	5,122	8,727	6,203	94,04
42 P 3051	1,145	-0,241	4,473	7,827	5,480	97,95
43 P 3071	0,975	-0,105	4,895	8,569	5,998	94,95
44 P 3230	0,916	-0,270	4,437	9,192	6,022	95,09
Média	-	-	4,765	8,184	6,262	94,07

TABELA 4 - Estimativas dos parâmetros (β_1 e β_2) do modelo bi-segmentado descontínuo, médias em ambientes inferiores, superiores e geral e coeficiente de determinação (R^2) para os cultivares de milho de ciclo normal (t/ha)

Cultivar	β_1	β_2	Média inferior	Média superior	Média geral	R^2
1 AG 672	-0,097	1,066	5,720	7,703	7,342	87,91
2 AG 951	0,978	0,102	4,913	8,278	6,861	90,61
3 AG 1051	2,643*	-1,108	6,531	8,222	7,915	97,42
4 AGE 9021	0,889	0,175	5,374	8,268	7,049	92,43
5 AG 9023	0,199*	0,940*	5,797	7,614	7,284	98,78
6 Agromen 1035	1,088	-0,082	4,531	7,754	6,397	94,35
7 Agromen 1040	1,029	0,041	4,497	7,485	6,227	95,83
8 XL 370	1,031	0,136	4,655	7,884	6,524	95,02
9 XL 604	0,545	0,257	5,234	6,991	6,672	96,55
10 XL 605	-0,445	1,477	4,807	7,067	6,656	94,57
11 XL 678	0,976	-0,012	4,462	7,213	6,055	94,14
12 OC 705	1,050	-0,171	4,611	6,625	5,777	89,06
13 OC 720	1,026	-0,089	4,709	7,216	6,161	91,41
14 P 3210	1,269	-0,387	4,669	7,957	6,573	96,55
15 P 3232	1,005	-0,154	4,618	7,869	6,501	91,35
16 AG 1031	0,949	0,080	4,640	10,445	6,091	99,18
17 AG 1061	0,908	-0,266	4,880	9,668	6,077	97,55
18 C 484-D	0,979	-0,018	4,106	8,289	5,152	94,94
19 CO 42	0,859	-0,806*	4,470	8,188	5,400	98,76
Média	-	-	4,907	7,934	6,459	94,55

* = hipóteses ($H_0: \beta_1 = 1$; $H_0: \beta_2 = 0$) rejeitadas em 5% de probabilidade de erro.

Dentre os cultivares superprecoces, o cultivar AG 513, com média igual a 6,480 t/ha, apresenta rendimento superior ao da média geral (6,296 t/ha) em 2,92% e, possui média nos ambientes inferiores acima da média. Como os parâmetros β_1 e β_2 não são significativamente diferentes das hipóteses testadas (Tabela 2), pode-se inferir que esse cultivar pode ser recomendado apenas para ambientes médios, pelas seguintes razões: o coeficiente β_2 é negativo (-0,272), o que resulta em redução na média, nos ambientes próximos do máximo, não sendo recomendável nessas condições. Para uso desse cultivar em ambiente inferior, seria importante que β_1 fosse menor que 1,0. Esta situação semelhante é encontrada, ao examinar-se o comportamento dos cultivares C 808, C 901 e P 3069.

O cultivar AG 6012, com média igual a 6,836 t/ha, é superior ao rendimento médio geral (6,296 t/ha) de todos os cultivares em 8,58%. Tem média em ambientes inferiores acima da média e média em ambientes superiores acima da média. Esse

cultivar é recomendado apenas para ambientes acima da média, não sendo adequado para ambientes inferiores por apresentar o coeficiente β_1 maior que 1,0. No entanto, como a sua média superou em 12,15% a média de todos os cultivares dos ambientes inferiores, o cultivar em referência poderá ser aproveitado em ambientes médios. Um coeficiente β_1 alto indica perda em ambientes. Apesar de o coeficiente β_2 ser negativo (-0,047), a média do ambiente superior (8,357 t/ha) é maior do que a média de todos os cultivares desse ambiente, indicando boa produtividade, também em ambientes máximos. Nessa classificação, encontram-se também os cultivares Agromen 2012, C 805, C 855 e Agromen 3060.

O cultivar Agromen 3050 apresenta, em relação à média geral, um rendimento médio superior em 11,97%. Para os ambientes inferiores, a média foi superior em 14,39% e, para os ambientes superiores, a média foi superior à geral do referido ambiente em 7,16%. Os coeficientes β_1 , menor que 1,0 (0,808), e $\beta_1 + \beta_2$, maior que 1,0 (1,015),

são indicadores de que, em ambientes inferiores, a redução é muito pequena. Em ambientes superiores, porém, são altamente responsivos à melhoria das condições ambientais e/ou tecnológicas. Esses fatores levam a classificar esse cultivar como próximo ao ideal, isto é, sendo recomendado para ambientes diversos. Um comportamento semelhante a este é observado nos cultivares C 969 e AGX 6272.

O cultivar AG 9012 apresenta média igual a 6,542 t/ha, 3,91% superior à média geral. Nos ambientes inferiores, a média do cultivar é menor do que a média de todos os cultivares, no referido ambiente. Por outro lado, a média do cultivar nos ambientes superiores apresenta-se 12,81% maior do que a média. Além disso, os coeficientes β_1 , maior que 1,0 (1,039) e β_2 , maior que zero (0,312), auxiliam na classificação desse cultivar para ambientes máximos. Com estas mesmas características, encontram-se os cultivares AG 9014 e Dina 766. Os demais cultivares de ciclo super precoce, não mencionados, não são recomendados para o cultivo.

Usando critério de discriminação semelhante, para os cultivares de ciclo precoce (Tabela 3), os cultivares AG 122, AG 215, Agromen 2014, C 555, Dina 766, G 85, G 800 e AG 5011 são recomendados apenas para ambientes médios; o cultivar AG 521 é indicado somente para ambientes máximos; os cultivares XL 212, C 505, Dina 556, G 133-S, P 3099, AG 8012, Dina 657e, P 3041 são indicados para ambientes acima da média; os cultivares Dina 170, Dina 771 e P 3063 são classificados para ambientes diversos ou próximos ao ideal. Na análise da estabilidade, os ambientes inferiores são representados pelo primeiro segmento da reta. No cultivar Zeneca 8455, o início do primeiro segmento ($\beta_{0i} + \beta_{1i}\bar{t}_{me}$) é igual a 3,930, sendo que a média inferior de todos os cultivares do ambiente inferior é 4,765 t/ha. O coeficiente β_1 , menor do que 1,0 (0,337), proporciona adequação do cultivar para ambientes inferiores. De acordo com as características descritas, o cultivar Zeneca 8455 é ideal somente para ambientes inferiores. Os demais cultivares de ciclo precoce, não mencionados, não são recomendados para o cultivo.

O cultivar AG 672 do ciclo normal (Tabela 4) apresenta média igual a 7,342 t/ha, superior em 13,67% à média geral de todos os cultivares de ciclo normal. Esse fato demonstra o excelente potencial do cultivar, quando comparado com os demais

cultivares desse ciclo. O coeficiente β_1 é negativo, e β_2 apresenta-se elevado, demonstrando ser muito responsivo às mudanças ambientais. Portanto, o cultivar AG 672 é próprio para ambientes diversos. Encontra-se nessa mesma situação o cultivar AG 9023.

Considerando-se que, nos ambientes superiores, o cultivar AG 951 apresentou média maior que as médias dos outros cultivares, juntamente com o coeficiente β_2 maior do que zero (0,102), pode-se classificar esse cultivar para ambientes máximos.

Dentre todos os cultivares do ciclo normal, o cultivar AG 1051 destaca-se como sendo o de maior média (7,915 t/ha). Esse cultivar apresenta média inferior 33,09% maior do que a média de todos os cultivares, nos ambientes inferiores. Portanto, trata-se de um cultivar extremamente responsivo às mudanças ambientais, o que resulta em perdas do seu potencial nesse ambiente. O cultivar AG 1051 enquadra-se na classificação para ambientes médios. O coeficiente β_1 e β_3 “significativos” e β_2 “negativo” comprovam a resposta do cultivar aos ambientes inferiores, ocorrendo o inverso nos superiores.

Os cultivares AGE 9021 e AG 1031 apresentam médias (geral, inferior e superior) maiores do que as médias gerais. O coeficiente β_2 é maior que zero, indicando potencial de resposta em ambientes superiores, apropriados para ambientes acima da média. Os demais cultivares de ciclo normal, não mencionados, não são recomendados para o cultivo.

No ciclo superprecoce (Tabela 2), o cultivar AG 9012 atingiu o máximo rendimento, sendo enquadrado no ambiente do tipo máximo. Este comportamento semelhante ocorreu no ciclo precoce para o cultivar Dina 170. No ciclo normal este comportamento não ocorreu. O cultivar, classificado em primeiro lugar em produtividade (AG 1051), encontra-se no ambiente do tipo médio. Nos ciclos superprecoce e precoce, os cultivares participaram dos ensaios em ambientes distribuídos de maneira equidistante, o que não ocorreu no ciclo normal. Devido ao desbalanceamento dos cultivares, nos três ciclos, evidencia-se a importância em se aplicar um teste de hipóteses para a equidistância entre os valores ambientais.

A interpretação sobre o desempenho de cultivares de milho, visando a indicação para os

produtores, em função de sua aptidão agrícola, deve ser um desafio permanente para melhorar a produtividade da cultura. No entanto, a grande substituição de cultivares de ano para ano (apenas 28% das cultivares 1994/96 ainda participam dos ensaios em 1998/99) são um empecilho para a aplicação mais generalizada da identificação de cultivares desejáveis, para uma dada condição, pela técnica da análise da estabilidade.

CONCLUSÕES

Os cultivares Agromen 3050, C 969 e AGX 6272 de ciclo superprecoce, Dina 170, Dina 771 e P 3063 de ciclo precoce, AG 672 e AG 9023 de ciclo normal, são os que apresentam um desempenho mais próximo do ideal.

Os cultivares AG 9012 e AG 9014 de ciclo superprecoce, Dina 766 e AG 521 de ciclo precoce, AG 951 de ciclo normal são recomendados apenas para ambientes máximos.

BIBLIOGRAFIA CITADA

- EBERHART, S.A.; RUSSEL, W.A. Stability parameters for comparing varieties. **Crop Science**, Madison, v.6, p.36-40, 1966.
- FINLAY, K.W.; WILKINSON, G.N. The analysis of adaptation in a plant breeding programme. **Australian Journal of Agricultural Research**, Victoria, v.14, p.742-754, 1963.
- MINOR, H.C.; BERLATO, M.A. Comportamento de seis cultivares de soja em 42 ambientes do Rio Grande do Sul. **Agronomia Sul-Rio-Grandense**, Porto Alegre, v.13, n.1, p.83-92, 1977.
- MUNGOMERY, V.E.; SHORTER, R.; BYTH, D.E. Genotype x environment interactions and environmental adaptation. I Pattern analysis – application to soya bean populations. **Australian Journal of Agricultural Research**, Melbourne, v.25, p.59-72, 1974.
- SILVA, J.G.C. Análise da adaptabilidade por regressão segmentada com estimação da junção dos segmentos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.33, n.7, 13p., 1998.
- STORCK, L. Cultivar stability analysis using a discontinuous bi-segmented model: unbalanced experiments. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.33, n.5, p. 641-651, 1998.
- STORCK, L. **Modelo de regressão bi-segmentado descontínuo com erros de medida aplicado na análise de estabilidade de cultivares**. Piracicaba, 1989. 206p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Estatística e Experimentação Agronômica, ESALQ / USP.
- VERMA, M.M.; CHAAL, C.S.; MURTY, R.B. Limitation of conventional regression analysis: a proposed modification. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v.53, p.89-91, 1978.
- VERNETTI, F.J.; GASTAL, M.F.C.; ZONTA, E.P. Estabilidade fenotípica de cultivares de soja no sudeste do Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.25, n.11, p.1593-1602, 1990.
- YATES, F.; COCHRAN, W.G. The analysis of groups of experiments. **Journal Agricultural Science**, Cambridge, v. 28, p. 556-580, 1938.

AGRADECIMENTOS

A todos os participantes e responsáveis pela rede estadual de competição de cultivares recomendados de milho, coordenado pela FEPAGRO/RS, em especial aos Engenheiros Agrônomos Miguel Bresolin, Ronaldo Matzenauer e Orlando O. Corrêa, pelos dados analisados.

SEÇÃO: RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS

DINÂMICA REPRODUTIVA DE *Geophagus brasiliensis* (QUOY & GAIMARD, 1824), NO AÇUDE ÁGUAS BELAS, VIAMÃO, RIO GRANDE DO SUL. (TELEOSTEI - CICHLIDAE).¹

GIL ORTIZ SANTOS ², NELSON FERREIRA FONTOURA ³

RESUMO - O estudo da dinâmica reprodutiva de *Geophagus brasiliensis* foi realizado durante o período compreendido entre setembro de 1995 e agosto de 1996, através de coletas quinzenais no açude "Águas Belas", no município de Viamão, Rio Grande do Sul (30°02'22"S e 51°01'11.5"W). Os exemplares foram capturados através de rede de arrasto de praia com 10 m de comprimento e 2 m de altura e tarrafa, ambas com abertura de 0,5 cm entre nós adjacentes. Foram feitas medições do comprimento total e peso, determinação do sexo e avaliação do estado gonadal. O período reprodutivo da espécie foi determinado pela presença de fêmeas maduras, índice gonadosomático, fator de condição e medidas do diâmetro ovocitário. A época reprodutiva iniciou em outubro estendendo-se até março, com picos reprodutivos em novembro e fevereiro. A fecundidade absoluta foi determinada como sendo de 566 ± 142 ovócitos para fêmeas com comprimentos entre 7,28 e 13,17 cm. A primeira maturação foi atingida com comprimento médio entre 8 e 9 cm.

Palavras-chave: Cará, acará, reprodução.

POPULATIONAL DYNAMICS OF *Geophagus brasiliensis* (Quoy & Gaimard, 1824) AT THE ÁGUAS BELAS RESERVOIR, VIAMÃO, RIO GRANDE DO SUL, BRAZIL (TELEOSTEI, CICHLIDAE)

ABSTRACT - Populational dynamics of *Geophagus brasiliensis* (Quoy & Gaimard, 1824) was studied from September/1995 to August/1996, through bi monthly samples at the Águas Belas reservoir, Viamão, Rio Grande do Sul, Brazil (30°02'22"S and 51°01'11.5"W). Individuals were captured using a beach seine 10 m long, 2 m high and a circular fishing net, both with 5 mm of mesh size. The reproductive period begins in October, with maximum reproduction activity in November and February, ending on march. The absolute fecundity was estimated 566 ± 142 oocytes, in females ranging from 7.28 to 13.17 cm. The size at the first maturation was between 8 and 9 cm.

INTRODUÇÃO

Geophagus brasiliensis, vulgarmente conhecido como cará ou acará, é um peixe que ocupa ambientes aquáticos lênticos de rios, lagoas e

represas. Para BUCKUP e REIS (1985) é o ciclídeo mais comum, dentre os encontrados à venda nos mercados de peixes do Rio Grande do Sul. De 1980 a 1984, o antigo Departamento de Pesca da Secretaria da Agricultura do RS, produziu 106.910

¹ Parte da dissertação do primeiro autor apresentado para obtenção do título de Mestre em Biociências na Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul.

² Biólogo, M.Sc. FEPAGRO, Equipe de Aquacultura e Pesca. R. Gonçalves Dias, 570, CEP 90.130-060, P.Alegre-RS.

³ Prof. Dr., Instituto de Biociências - Lab. Dinâmica Populacional - PUCRS, Av. Ipiranga, - Porto Alegre, RS

Recebido para publicação em 31/08/1999.

alevinos da espécie que foram distribuídos aos interessados. A produção foi suspensa por não haver dados científicos referentes ao crescimento e à época reprodutiva da espécie que pudessem dar suporte ao seu cultivo (LUCENA e SANTOS, 1984). De acordo com WIMBERGER (1992), *Geophagus brasiliensis* desova em saliências de terreno. Já MARDINI (1983) verificou que os machos constroem ninhos no fundo, cujos diâmetros e profundidades variam de 12 a 15 cm e 18 a 20 cm, respectivamente. Ainda segundo este autor, a fêmea desova, em média, 16.000 óvulos por quilo de peso, ocorrendo a eclosão após 96 horas à uma temperatura de 25 °C, sendo que as larvas medem perto de 0,5 cm, ao nascer. Para BUCKUP E REIS (1985), as fêmeas dessa espécie depositam cerca de 500 ovos, que são protegidos por eficiente cuidado parental. Esta defesa da prole é marcante na família Cichlidae, podendo durar de 3 a 4 semanas (STIASSNY, 1993) ou até quando os filhotes iniciam a busca do alimento exógeno (KULLANDER, 1983). Referente a este fato, GUIMARÃES (1938) e NOMURA e CARVALHO (1972) observaram que os pais recolhem os alevinos na cavidade bucal, em horas de perigo. Embora não mencione especificamente *Geophagus brasiliensis*, KEENLEYSIDE (1979), cita que grande parte das espécies pertencentes aos gêneros *Aequidens* e *Geophagus*, realizam incubação oral dos ovos.

Para a represa do Lobo (SP), BARBIERI et al. (1981, a e b), determinaram os estádios de desenvolvimento gonadal do cará como sendo imaturo, em maturação, maduro e desovado para as fêmeas e imaturo, em maturação, maduro e esgotado para os machos. Os autores relatam, também, o dimorfismo sexual dos machos durante a época da reprodução, através de uma saliência na região superior da cabeça e a coloração azul iridescente. Em outro trabalho, BARBIERI et al. (1980) demonstram que o período reprodutivo da espécie estende-se de setembro a fevereiro, sendo seu auge no mês de outubro, conforme o índice gonadossomático de 3,50.

Este trabalho tem como objetivo demonstrar aspectos da reprodução de *Geophagus brasiliensis*, especialmente a época de reprodução, comprimento de primeira maturação, fecundidades absoluta e relativa e razão sexual.

MATERIAL E MÉTODOS

Os peixes (460 fêmeas e 390 machos) foram capturados de setembro de 1995 a agosto de 1996, por meio de tarrafa e rede de arrasto de praia (picaré), ambas com 0,5 cm entre nós adjacentes, em coletas quinzenais, no açude Águas Belas, município de Viamão, RS. A temperatura da água, neste período, variou de 14,6 a 26,8 °C. Após a coleta, os exemplares foram fixados em formol a 4 % e transportados ao laboratório de Dinâmica populacional da PUCRS. Os animais foram sexados visualmente, após abertura látero-ventral do corpo, medidos e pesados (peso corporal e gonadal) por meio de paquímetro digital e balança digital semi-analítica. Para a medição do diâmetro dos ovócitos, foram computados 41 ovários em diferentes estádios de maturação, tomando-se três amostras de cada um, na região anterior, na mediana e na posterior. Os diâmetros foram estimados sob estereomicroscópio com ocular micrométrica.

A classificação dos estádios gonadais usando o volume, a cor e o aspecto dos ovários, obedeceu ao preconizado por VAZZOLER (1996).

O tamanho de primeira maturação gonadal (L_{50}) foi determinado através da frequência de fêmeas nos estádios em maturação e maduro (VAZZOLER, 1996), por intervalo de classes de comprimento total. Aos dados obtidos foi ajustada a seguinte função logística (DAVIDSON, 1944):

$$P = 1 / (1 + e^{a+b \cdot L})$$

Onde:

P é a proporção de fêmeas ovadas por classes de comprimento total.

L é o ponto médio de cada intervalo de classe de comprimento total.

a e **b** são parâmetros da equação.

Estes parâmetros foram determinados através da linearização da função anterior:

$$\ln ((1/P) - 1) = a + b \cdot L$$

onde:

$$L_{50} = -a / b,$$

sendo **a** e **b** os mesmos parâmetros da equação anterior.

Para efeitos comparativos, o tamanho de primeira maturação foi também estimado seguindo o método de BERVIAN e FONTOURA (1994).

O fator de condição (**k**) e o índice gonadossomático (IGS) foram determinados pelas fórmulas usuais (VAZZOLER, 1996):

$$K = W_t / L_t^b$$

$$IGS = Lt / Wt \cdot 100$$

Sendo:

Wt = peso total

Lt = comprimento total

b = constante da relação peso/comprimento

A fecundidade foi investigada através do exame de 24 fêmeas, que apresentaram ovários maduros. A fecundidade absoluta foi obtida pela contagem total dos ovócitos. A fecundidade relativa foi estimada, respectivamente, pelas seguintes fórmulas:

$$F = a \cdot Lt^b \quad (\text{em relação ao comprimento total})$$

$$F = a \cdot Wt^b \quad (\text{em relação ao peso total})$$

$$F = a \cdot Wgon^b, \quad (\text{em relação ao peso gonadal})$$

sendo **a** e **b** constantes da equação.

Para verificar se havia diferenças significativas nas proporções entre fêmeas e machos nos diversos meses do experimento foi usado o método do χ^2 , a nível de 5 %.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante o experimento foram capturadas 460 fêmeas. Vinte e quatro apresentaram ovários com aspecto maduro, os quais apareceram nas coletas durante o período estabelecido entre os meses de setembro e abril (Tabela 1). Nota-se que fevereiro e novembro abrigaram, respectivamente, o primeiro e o segundo mês de maior incidência destas fêmeas, sendo o IGS condizente com estes resultados, mostrando na sua curva (Figura 1), dois picos nos meses de novembro e fevereiro.

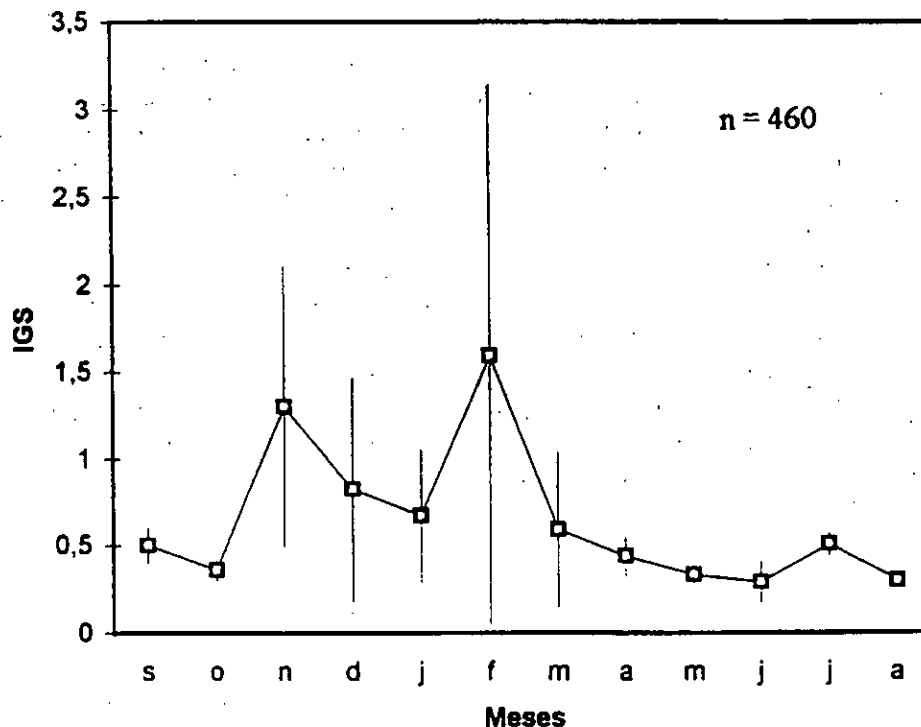


FIGURA 1 –Índice gonadosomático total médio mensal das fêmeas de *Geophagus brasiliensis*, com os respectivos intervalos de confiança, capturadas no açude Águas Belas, Viamão, RS, entre setembro/1995 e agosto/1996

No primeiro, as gônadas representaram, em média, 1,3 % do peso total. No segundo, este valor subiu para 1,59 %. Nos demais, a variação do peso gonadal em relação ao total ficou entre 0,29 e 0,84

%. Verifica-se que nos meses em que o índice gonadossomático médio foi maior, houve maior número de fêmeas maduras (Tabela 1). Da mesma forma, coincidem

TABELA 1 – Total de fêmeas de *Geophagus brasiliensis* capturadas por mês de amostragem e frequências absoluta e relativa (%) de fêmeas maduras capturadas entre setembro/1995 e agosto/1996 no açude Águas Belas, Viamão, RS.

Meses	Total de fêmeas	Freq. absoluta de fêmeas maduras	Freq. relativa de fêmeas maduras
Setembro	29	1	3,44
Outubro	61	3	4,91
Novembro	26	6	23,07
Dezembro	30	3	10,00
Janeiro	16	2	12,50
Fevereiro	12	8	66,66
Março	49	0	0,00
Abril	29	1	3,44
Maio	53	0	0,00
Junho	33	0	0,00
Julho	62	0	0,00
Agosto	60	0	0,00

com as maiores variações dos intervalos de confiança apresentados na figura 1. Isto era esperado em virtude do encontro nestes meses, especialmente fevereiro, de indivíduos com vários estágios de maturação. Para os machos repetiram-se as mesmas épocas no que se refere aos valores mais altos, em novembro (0,82 %) e fevereiro (0,33%), conforme mostra a figura 2. Estes resultados discordam daqueles obtidos por BARBIERI et al. (1980) para a represa do Lobo (SP). Nesta, os ovários mais pesados apareceram no mês de outubro (3,50 %, em média), do peso corporal, incluídos em um único pico reprodutivo, do qual faziam parte também os meses de setembro,

novembro e dezembro. Verifica-se, porém, que o mês de novembro, um dos ápices da reprodução em Viamão, está contido no período de maior intensidade reprodutiva daquela região de São Paulo. Já para fevereiro, mês de maior atividade de reprodução de *Geophagus brasiliensis* no açude Águas Belas, não foi constatada grande atividade reprodutiva na represa do Lobo.

O fator de condição (k) considerado foi o total, usando-se o peso das gônadas incluído no peso total. Suas curvas (machos e fêmeas), com os intervalos de confiança dos pontos, estão representadas nas figuras 3 e 4. Para as fêmeas, o valor mais alto do k situou.

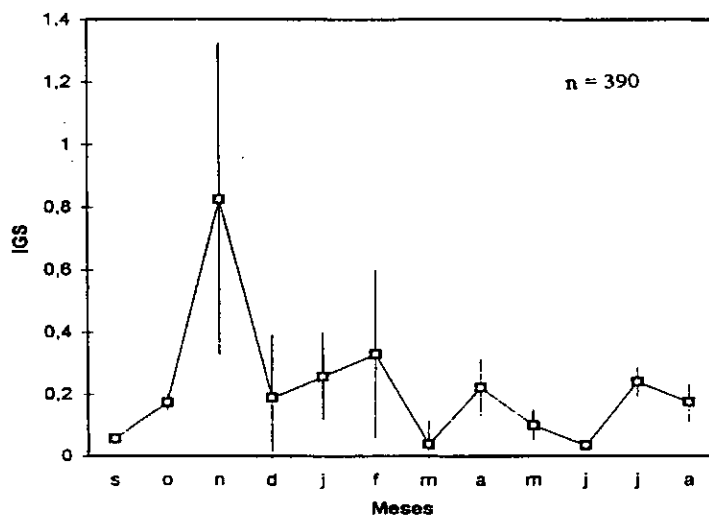


FIGURA 2 - Índice gonadosomático total médio mensal dos machos de *Geophagus brasiliensis*, com os respectivos intervalos de confiança, capturados no açude Águas Belas, Viamão, RS, entre setembro/1995 e agosto/1996.

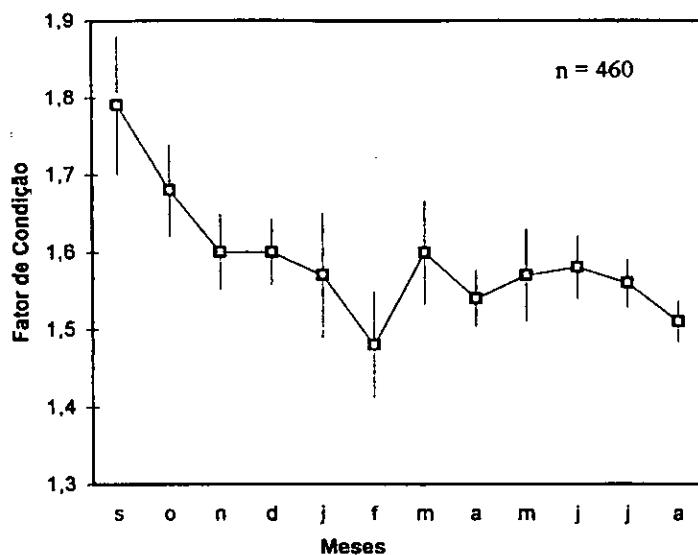


FIGURA 3 - Fator de condição médio mensal com os respectivos intervalos de confiança das fêmeas de *Geophagus brasiliensis*, capturadas no açude Águas Belas, Viamão, RS, entre setembro/1995 e agosto/1996.

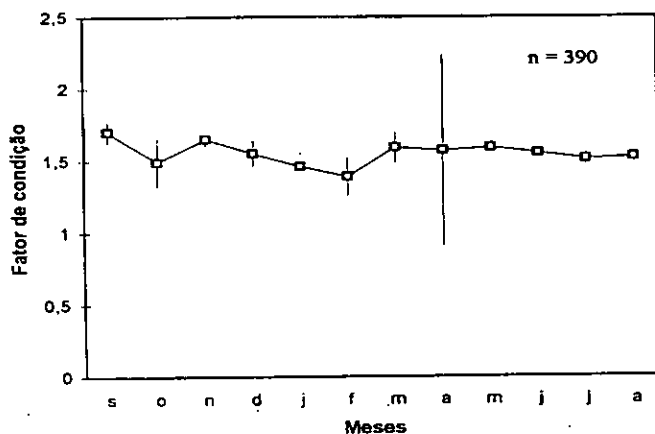


FIGURA 4 - Fator de condição médio mensal com os respectivos intervalos de confiança dos machos de *Geophagus brasiliensis*, capturados no açude Águas Belas, Viamão, RS, entre setembro/1995 e agosto/1996.

se no mês de setembro (1,79), período que antecede em dois meses o primeiro pico do IGS. A menor medida deste índice foi feita no mês de fevereiro, onde verificou-se o maior índice gonadossomático mensal. Em linhas gerais, o fator de condição dos machos acompanhou o das fêmeas, verificando-se também, o menor valor, no mês de fevereiro. Os resultados obtidos por HARTZ (1997) na lagoa Caconde (RS), são condizentes com os de Viamão (os mais altos valores do k ocorreram durante a primavera e os mais baixos no verão). MUNTHALI (1996) afirma que machos ciclídeos territorialistas envolvem-se em estressantes atividades, durante a reprodução, como rituais de corte, defesa do território, construção de ninhos, etc. Pode-se supor, portanto, que o alto fator de condição no inverno, sem atividade reprodutiva, seja resultado de um período de acúmulo de gorduras que serão gastas na estafante época da reprodução. O fator de condição mínimo em fevereiro parece corroborar esta afirmativa. Os resultados, obtidos com *Geophagus brasiliensis* no açude Águas Belas,

concordam com AGOSTINHO (1985), ao mostrar que a redução nos valores do fator de condição e índice hepatossomático durante o período de desova, tem sido atribuída às espécies, que apresentam hábito de corte, migração, construção de ninho e cuidado com a prole. Para BARBIERI et al. (1980), *Geophagus brasiliensis* apresenta-se mais gordo em meados do primeiro semestre, fato assinalado pelo encontro de maior número de indivíduos com estômagos cheios, ocorrendo o pico máximo do parâmetro k , durante o mês de maio. No segundo semestre prevaleceram os estômagos vazios com conseqüente fator de condição mais baixo. Embora sejam estes resultados contraditórios aos de Viamão, onde o valor mais alto do parâmetro foi em setembro, pode-se inferir baseando-se, nos resultados deste pesquisador, a possibilidade de acréscimo de gorduras no primeiro semestre que seriam gastas no segundo, durante a reprodução.

A figura 5 exhibe os seis estágios gonadais (imaturo, em maturação-I, em maturação-II, em maturação-III, maduro e repouso) em relação às

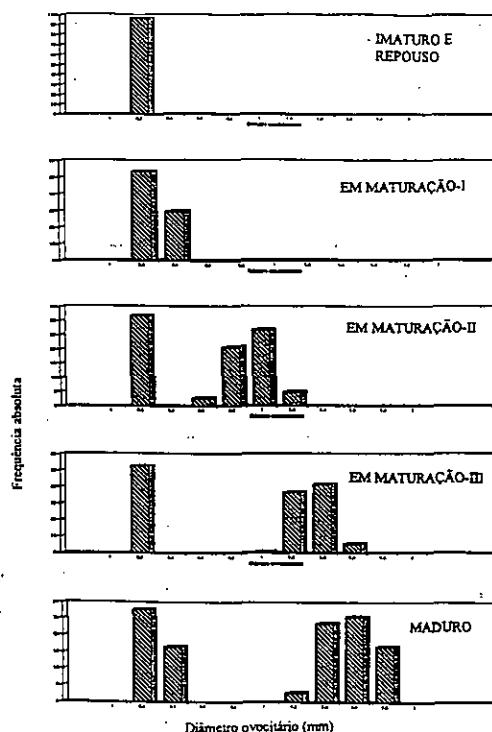


FIGURA 5 – Distribuição de frequências dos diâmetros ovocitários das fêmeas de *Geophagus brasiliensis* nos estágios imaturo/repouso, em maturação I, II e III e maduro capturadas no açude Águas Belas, Viamão, RS, entre setembro/1995 e agosto/1996

distribuições de frequência dos diâmetros ovocitários. Esta classificação foi estabelecida considerando-se o volume, a cor dos ovários e o aspecto, ao estereomicroscópio, dos ovócitos. Estes são distribuídos de maneira homogênea, não se encontrando diferenças marcantes de diâmetros ao longo da gônada. O estágio “repouso”, por ter coincidência de valores com o “imaturo”, não foi considerado na figura 5. Para efeitos de descrição e representação gráfica consideram-se ambos como imaturo. Os ovários imaturos apresentaram cor amarelo clara, formato fusiforme com seção circular, e ovócitos translúcidos achatados. O histograma de frequências de diâmetros apresentou um grupo modal apenas, com diâmetro médio girando em torno de 0,13 mm, e com amplitude entre 0,07 e 0,17 mm. O IGS médio relativo a este estágio ficou em 0,45.

Os ovócitos, em início de maturação (em maturação-I) não se apresentaram muito maiores dos que estavam imaturos. Sua coloração, entretanto, já foi de um amarelo mais forte, tendo sido melhor visualizados ao menor aumento (10x0,7) do estereomicroscópio, do que no estágio anterior. A média do diâmetro dos ovócitos neste estágio ficou em 0,25 mm, e com amplitude entre 0,21 e 0,60. Em maturação mais adiantada (em maturação II e III), os ovários caracterizaram-se por uma cor amarela intensa, tendendo para o laranja em alguns casos, chegando seu volume a ocupar 1/3 da cavidade abdominal. Seus ovócitos foram bem distinguíveis ao menor aumento da lupa e em alguns casos foram constatados a olho nu. Os gráficos da distribuição de frequências dos diâmetros ovocitários correspondentes apresentaram duas modas (Figura 5). A da esquerda conteve os residuais, enquanto a da direita reuniu os ovócitos em amadurecimento, a serem desovados. Nas etapas em maturação II e III, os diâmetros médios estiveram em 0,48 e 0,96 mm e as amplitudes

variaram de 0,30 a 1,00 e 0,40 a 1,50 mm, respectivamente. Os diâmetros, dos ovócitos correspondentes ao estágio geral em maturação, mediram de 0,21 a 1,50 mm, com o IGS médio respectivo de 1,59.

Quando maduros, os ovários evidenciaram uma tonalidade alaranjada, de média a forte, sendo os ovócitos visíveis a olho nu. Seu volume chegou a ocupar até 50 % da cavidade abdominal com um diâmetro variando de 1,20 a 1,80 mm e uma média de 1,58 mm (considerando-se apenas os maduros), enquanto o IGS médio para o estágio foi estabelecido em 6,18.

Peixes com ovários maduros ocorreram de setembro a abril. Não foram capturados indivíduos que apresentassem ovários flácidos, caracterizando-se como esgotados. A possibilidade deste estado ser muito curto, com suas células sendo rapidamente absorvidas, pode acontecer. Neste caso, o estágio “repouso” seria quase adjacente ao “maduro”. O fato de se encontrar ovários de tamanhos reduzidos, a partir de meados de março, reforça esta hipótese. A existência de duas modas nos histogramas de diâmetros dos ovócitos, tanto no estágio em maturação como no maduro, fundamentado por SANTOS (1978), VAZZOLER (1996) e ROMAGOSA et al. (1988) seria uma evidência da desova total. Em seu trabalho na represa do Lobo (SP), BARBIERI et al. (1980) definiu a desova da espécie como sendo do tipo total, o que é discordante daquele encontrado em Viamão. Contudo, somente a metodologia aqui empregada, não pode servir como base para afirmação categórica de que *Geophagus brasiliensis* apresente desova total. Há necessidade também de estudos baseados em lâminas histológicas de cortes ovarianos, para afirmações conclusivas, o que será objeto de trabalho posterior. O diâmetro dos ovócitos também mostrou utilidade como indicador do período de reprodução da espécie. A figura 6 demonstra o gráfico do diâmetro

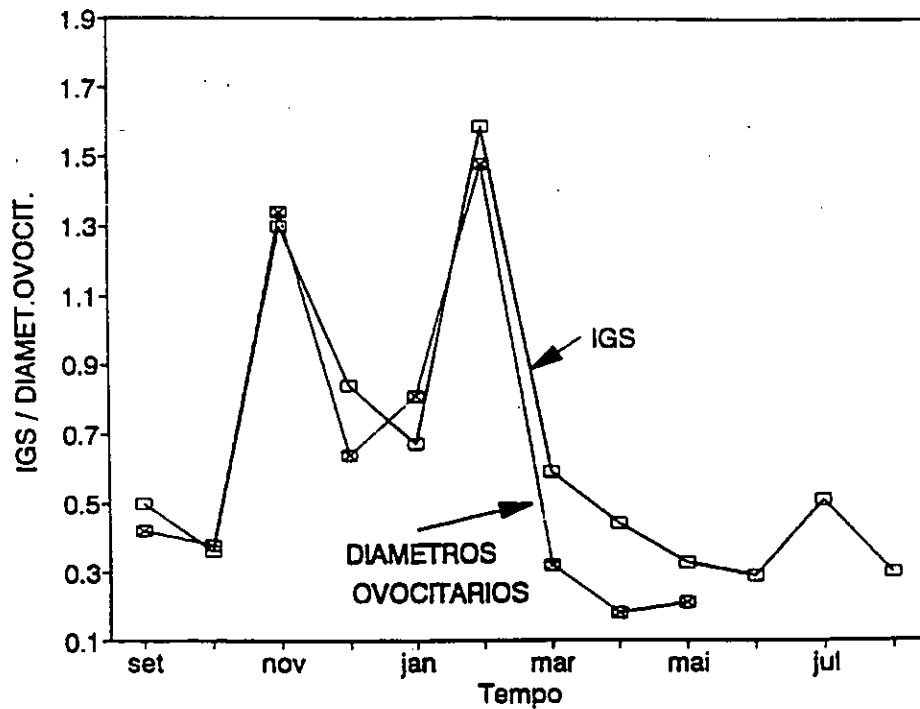


FIGURA 6 – Relação IGS médio mensal das fêmeas x diâmetro médio ovocitário mensal dos ovoócitos de fêmeas de *Geophagus brasiliensis* capturados no açude Águas Belas, Viamão, RS, entre setembro/1995 e agosto/1996

ovocitário médio mensal x IGS médio mensal das fêmeas. Analisando-se estes dados, constata-se que os valores que representam os ovócitos com maiores diâmetros (maduros), detêm estreita coincidência com os picos reprodutivos: realçados pelo IGS. Resultados semelhantes foram conseguidos por ROMAGOSA et al. (1988).

Baseado neste conjunto de fatos apresentados, pode-se inferir que o período reprodutivo de

Geophagus brasiliensis, no açude Águas Belas, ficou compreendido entre os meses de setembro e abril, apresentando dois picos reprodutivos, o primeiro em novembro, seguido de recuperação gonadal e o segundo pico, em fevereiro.

A distribuição de frequências dos comprimentos totais de fêmeas cujas gônadas configuraram os estágios em maturação e maduro, está indicada na figura 7. Considerando

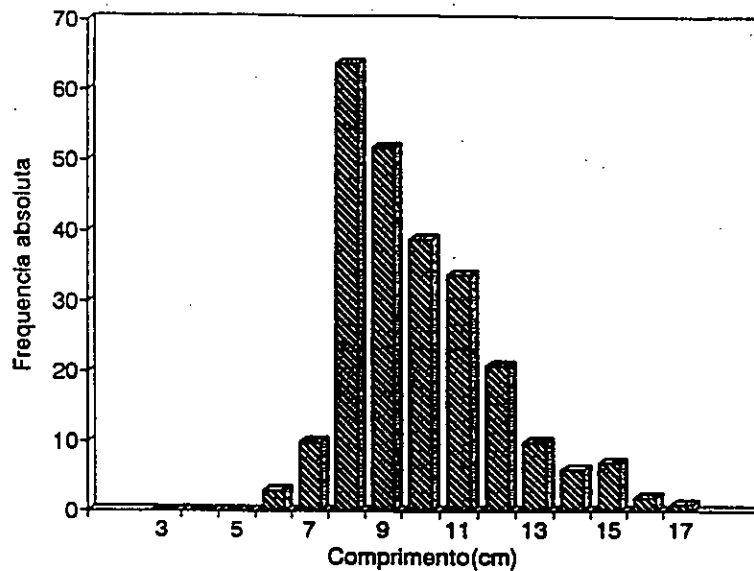


FIGURA 7 – Frequência absoluta das fêmeas de *Geophagus brasiliensis*, nos estágios em maturação e maduro por intervalo de classe de comprimento total capturadas no açude Águas Belas, Viamão, RS, entre setembro/1995 e agosto/1996

as proposições de BERVIAN e FONTOURA (1994), estima-se que a primeira maturação ocorreu

entre 8 e 9 cm. Na figura 8, por sua vez, especifica-se o L_{50} conforme o método

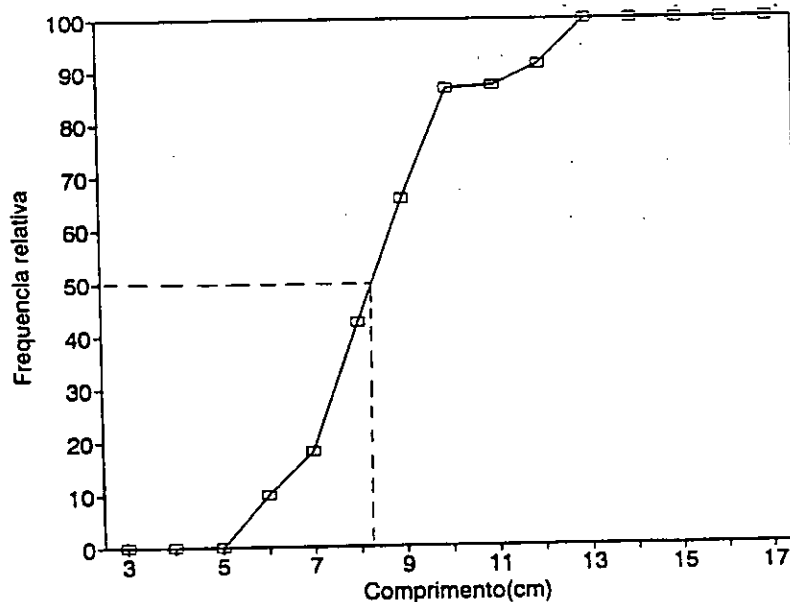


FIGURA 8 – Frequência relativa das fêmeas de *Geophagus brasiliensis* nos estágios em maturação e maduro por intervalo de classe de comprimento total capturados no açude Águas Belas, Viamão, RS, entre setembro/1995 e agosto/1996

tradicional, unindo-se o ponto 50 do eixo das ordenadas à curva e daí baixando-se uma paralela a este eixo até encontrar o eixo das abscissas. Por este procedimento, a variável em questão foi fixada entre 8 e 8,50 cm. O ajuste da função logística estimou o L_{50} em 8,20 cm. O L_{100} (comprimento em que todas as fêmeas atingem o estado reprodutivo, passando a adultas) ficou em 13,00 cm. A comparação entre os resultados demonstra não haver diferença marcante entre os dois métodos. Para águas do

Estado de São Paulo, BARBIERI et al. (1980), encontrou resultado diferente, situando o L_{50} entre 10,50 e 11,00 cm.

A estimativa da fecundidade foi conseguida pelo exame gonadal de 24 fêmeas que se encontravam em estado maduro. A fecundidade absoluta média foi de 566 ovócitos. Sua amplitude de variação esteve entre 310 e 777, com o comprimento e peso totais das fêmeas amostradas ficando entre 7,28 e 13,17 cm e 6,09 e 45,10 g, respectivamente. As equações e as curvas calculadas

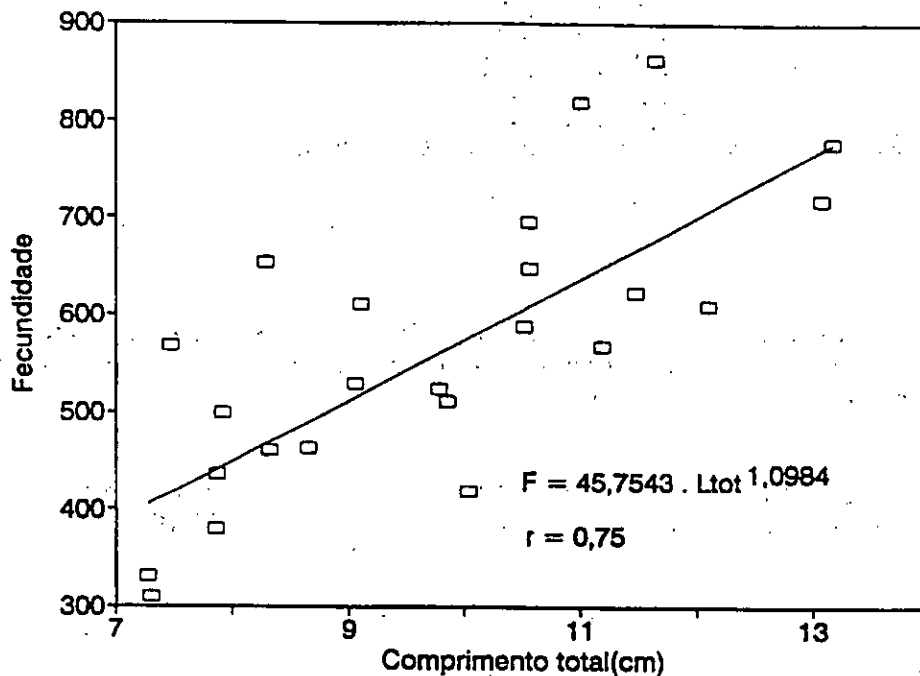


FIGURA 9 – Relação fecundidade-comprimento total das fêmeas de *Geophagus brasiliensis* capturadas no açude Águas Belas, Viamão, RS, entre setembro/1995 e agosto/1996

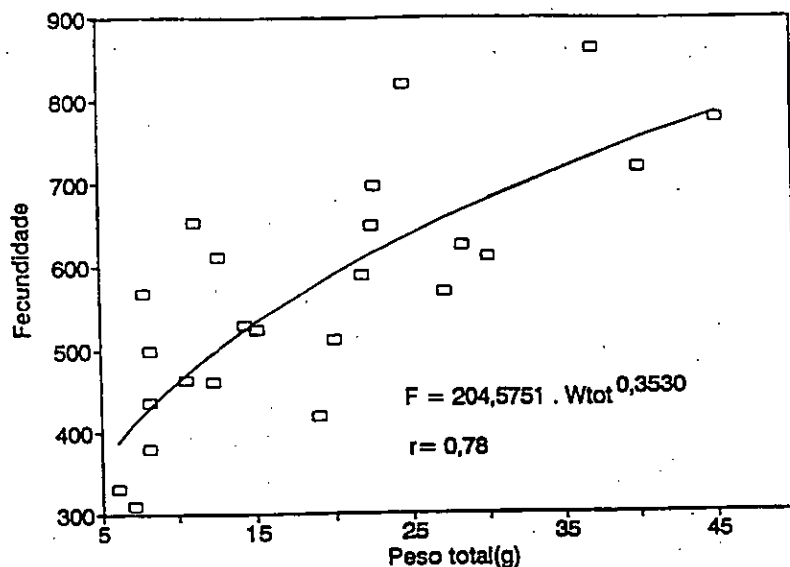


FIGURA 10 – Relação fecundidade – peso total das fêmeas de *Geophagus brasiliensis* capturadas no açude Águas Belas, Viamão, RS, entre setembro/1995 e agosto/1996

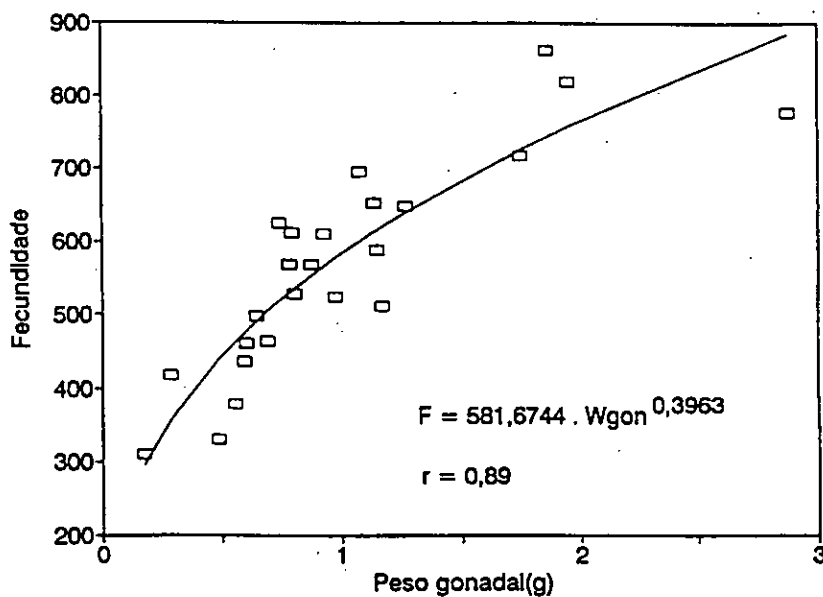


FIGURA 11 - Relação fecundidade - peso gonadal das fêmeas de *Geophagus brasiliensis*, capturadas no açude Águas belas, Viamão, RS, entre setembro / 1995 e agosto / 1996

estão representadas nas figuras 9, 10 e 11:

Nota-se que todas equações apresentam alometria negativa. Para a razão fecundidade x comprimento total esperava-se um coeficiente angular (**b**) igual a 3, já que se comparava uma medida linear com uma de volume. O valor encontrado denota forte alometria negativa com aquele coeficiente sendo bem próximo a 1. Consequentemente, conclui-se que o volume gonadal aumentou quase linearmente em relação ao comprimento total. Nas equações que relacionam os pesos total e o das gônadas com a fecundidade, o esperado seria uma relação linear, pois ambas são aferições volumétricas. Porém isto não foi o encontrado. Para ambas notou-se que as medidas de peso aumentaram de forma alométrica negativa em relação à fecundidade. Por ser a espécie um ciclídeo, que utiliza o cuidado parental, torna-se bastante conveniente que assim se processe o desenvolvimento ovariano. Com efeito, um aumento mais lento do número de ovócitos, implica para *Geophagus brasiliensis*, um menor dispêndio energético na defesa da prole. Esta idéia inclina-se para o proposto por LAGLER et al. (1977) que afirma que a fecundidade é inversamente proporcional ao cuidado com a prole. NOMURA e CARVALHO (1972), encontraram resultados

convergentes com os deparados em Viamão. Embora estes autores apresentem uma equação linear para a relação fecundidade x comprimento total, a exposição dos dados brutos em seu trabalho (comprimentos totais, pesos totais e fecundidades referentes) permitiu o cálculo de equações potenciais, como as utilizadas para o açude Águas Belas. O coeficiente **b** daqueles autores para as relações da fecundidade com o comprimento e o peso totais foram, respectivamente, 1,1353 e 0,3579, valores estes muito próximos aos de Viamão. O mesmo cotejo não pode ser feito com BARBIERI et al. (1980). Este autor lançou mão de equações lineares para os mesmos cálculos, não informando em seu trabalho, porém, os dados brutos que as originaram impedindo, assim, que se calculassem equações potenciais para compará-las com as obtidas no açude Águas Belas.

Do total capturado, 460 foram fêmeas e 390 machos. A proporção sexual apurada foi de 1,18 fêmeas para cada macho. Como o esperado é de 1 macho para cada fêmea, submetem-se os resultados ao teste χ^2 , constatando-se a existência de diferença significativa entre os sexos dentro da população ($\chi^2_{\text{calc.}} = 5,76$; g.l. = 1). A tabela 2 sumariza os dados referentes à razão sexual dentro dos intervalos de classe.

TABELA 2 – Proporção sexual entre machos e fêmeas por intervalos de classe de comprimento total capturados no açude Águas Belas, Viamão, RS, entre setembro/1996 e agosto /1997

Comprimento (cm)	Fêmeas	Machos	Fêmeas	Machos	F:M	X ²
3,0	0	0	0,00	0,00	-	-
4,0	1	1	50,00	50,00	1:1	0
5,0	11	9	55,00	45,00	1:0,8	0,2
6,0	30	25	54,55	45,45	1:0,4	0,45
7,0	56	25	69,14	30,86	1:0,6	11,86*
8,0	150	91	62,24	37,76	1:1,1	14,44*
9,0	79	90	46,75	53,25	1:0,7	0,71
10,0	45	30	66,66	33,33	1:0,8	3
11,0	39	32	54,93	45,07	1:0,7	0,69
12,0	23	17	57,50	42,50	1:0,7	0,9
13,0	10	21	32,26	67,74	1:2,1	3,90*
14,0	6	12	33,33	66,66	1:2,0	2
15,0	7	12	36,84	63,16	1:1,7	1,31
16,0	2	13	13,33	86,66	1:6,5	8*
17,0	0	7	0,00	100,00	-	7*
18,0	1	1	50,00	50,00	1:1	0
19,0	0	2	0,00	100,00	-	2
20,0	0	0	0,00	0,00	-	0
21,0	0	1	0,00	100,00	-	1
22,0	0	1	0,00	100,00	-	1
Totais	460	390	54,12	45,88	1,18	-

*Diferença significativa ao nível de 5%.

Analisando-se os dados apresentados nesta tabela, nota-se que os machos e as fêmeas estão em números proporcionais, até o tamanho dos 6 cm. A partir daí, as fêmeas dominam até o comprimento dos 12 cm, quando então inverte-se a situação, passando os machos a serem predominantes. A existência de quase só machos nos comprimentos maiores, sugere que estes possam atingir tamanhos superiores aos alcançados pelas fêmeas (VAZZOLER, 1996). HARTZ (1997) também constatou uma maior quantidade de fêmeas em suas

amostras, na proporção de 1,53 fêmeas para cada macho (60,58 e 39,42 %, respectivamente). O maior número de fêmeas é esperado para espécies que apresentam baixa fecundidade (NIKOLSKY, 1963). Com efeito, *Geophagus brasiliensis*, com uma fecundidade média de 566 ovócitos, evidencia baixa prolificidade. Já GONZALEZ et al. (1986) informam que, em se tratando de densidades populacionais baixas, a tendência seria de predomínio do número de fêmeas dentro da população. A tabela 3 evidencia a presença de machos e fêmeas durante os doze meses de capturas. Nela fica caracterizada uma

TABELA 3 – Distribuição mensal de machos e fêmeas capturados no açude Águas Belas, Viamão, RS, entre setembro/1996 e agosto /1997

Mês	Frequência absoluta de Fêmeas	Frequência absoluta de machos	Frequência relativa de fêmeas	Frequência relativa de machos	F:M	X ²
Set	29	20	59.19	40,81	1:0.69	1,65
Out	61	16	79.22	20,78	1:0'926	26,29*
Nov	26	24	52.00	48,00	1:0.92	0,08
Dez	30	23	56.60	43,40	1:0.77	0,92
Jan	16	19	45.72	54,28	1:1.19	0,26
Fev	12	20	37.50	62,50	1:1.66	2,00
Mar	49	27	64.48	35,52	1:0.55	6,36*
Abr	29	27	51.57	48,21	1:0.93	0,07
Mai	53	51	50.96	49,04	1:0.96	0,04
Jun	33	40	45.20	54,80	1:1.21	0,67
Jui	62	66	48.44	51,56	1:1.06	0,12
Ago	60	57	51.28	48,72	1:0.95	0,08
Tot.	460	390	54.12	45,88	1,18	5,76*

*Diferença significativa ao nível de 5%

proporção não significativamente diferente, para um nível de 5 %, entre machos e fêmeas durante grande parte do ano, inclusive nos meses marcados pelo pico reprodutivo (novembro e fevereiro). Apenas os meses de outubro e março demonstraram diferenças significativas na proporção entre os sexos. Pelo exposto, pode ser especulado que na população de *Geophagus brasiliensis* do açude Águas Belas é guardada uma relação sexual de 1:1 a maior parte do ano, sendo casuais as diferenças observadas em outubro e março.

CONCLUSÕES

O período reprodutivo ficou compreendido entre setembro e abril, com picos em novembro e fevereiro, sendo o tamanho da primeira maturação estimado entre 8 e 9 cm. Os machos atingem

tamanhos maiores que as fêmeas. A razão sexual foi de 1,18 fêmeas para cada macho. Os indivíduos da espécie tendem a apresentar-se mais gordos durante a primavera, época que antecede a reprodução.

BIBLIOGRAFIA CITADA

- AGOSTINHO, A.A. Estrutura da população, idade, crescimento e reprodução de *Rhinelepis aspera* (Agassiz, 1829) (Osteichthyes, Loricariidae) do rio Paranapanema. Tese (Doutorado). Programa de pós-graduação em Ecologia e recursos naturais. UFSCar, São Carlos, 231 p., 1985.
- BARBIERI, M.C.; BARBIERI G.; MARINS M.A. Biologia de *Geophagus brasiliensis* (Quoy & Gaimard, 1824) na represa do Lobo, estado de S.Paulo, III: Aspectos quantitativos da reprodução. I SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AQUACULTURA,

- 1980 Rio de Janeiro, **Anais...** Academia Brasileira de Ciências, 1980, p. 347-359.
- BARBIERI, M.C.; BARBIERI G.; MARINS M.A. Sobre a anatomia e histologia de ovário de *Geophagus brasiliensis* na represa do Lobo. **Revista Brasileira de Biologia**, São Paulo, vol.41. n.1, p.163-168. 1981 (a).
- BARBIERI, M.C.; BARBIERI G.; MARINS M.A. Sobre a anatomia e histologia de testículo de *Geophagus brasiliensis* na represa do Lobo, São Paulo. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 41, n.1, p.169-173, 1981 (b).
- BERVIAN, G.; FONTOURA N.F. Dinâmica populacional da ictiofauna da lagoa Fortaleza, Cidreira, RS. III- *Corydoras paleatus* (Jenyns, 1842) (Teleostei, Callichthyidae). **Biociências**, Porto Alegre vol. 2, n.2, p.15-23, 1994.
- BUCKUP, P.; REIS, R. Conheça nossos peixes. – I- Porto Alegre. **Natureza em revista**, Porto Alegre, v. 10, p. 22-29, 1985.
- DAVIDSON, J. On the relation between temperature and rate of development of insects at constant temperatures, **Journal of Animal Ecology**, Londres, v. 13, p. 26-38, 1944.
- GONZALEZ, A.; HUQ, M.F.; ARREDONDO, I.R. Biología de la sardina de río *Astyanax bimaculatus*, del río Cancamure, estado Sucre, Venezuela. II- Reproducción. **Boletín del Instituto Oceanográfico, Universidade Oriente**, Sucre, v. 25, n.1 & 2, p.127-136, 1986.
- GUIMARÃES, J.R.A. O acará "*Geophagus brasiliensis*", Quoy & Gaimard, 1824. I Congresso Nacional de Pesca, v. 1, p. 263-276, 1938.
- HARTZ, S. Alimentação e estrutura da comunidade de peixes da Lagoa Caconde, litoral norte do Rio Grande do Sul, Brasil. Tese (Doutorado), Centro de Ciências biológicas, UFSCar, São Carlos, 282 p., 1997.
- KEENLEYSIDE, M.H.A. **Diversity and adaptation in fish behaviour (Zoophysiology; vol.11)**, Berlim: Springer-Verlag, 1979, 208 p.,.
- KULLANDER, S.O. **Taxonomic studies on the percoid freshwater fish family Cichlidae in South America**. Tese (Doutorado), Universidade de Estocolmo, 440 p., 1983.
- LAGLER, K.F.; BARDACH, J.E.; MILLER, R.R. **Ichthyology: The study of fishes**. N. York: John Wiley and sons, 1977, 545 p.
- LUCENA, C.A.S.; SANTOS, G.O Produção de alevinos no Departamento de Pesca e algumas considerações sobre sua metodologia de distribuição. **Relatório Interno do Departamento de Pesca**, Porto Alegre, v. 2, n.3, p.1-16, 1984.
- MARDINI, C.V. Desova em confinamento do cará-manteiga, *Geophagus brasiliensis* e comentários sobre a espécie. Porto Alegre, Departamento de Pesca, Secretaria da Agricultura do RS, 8 p., 1983.
- MUNTHALI, S.M. Territoriality and nutritional condition in *Cynotilapia afra* (Gunther) and *Pseudotropheus zebra* (Boulanger), cichlidae in Lake Malawi, National Park, Malawi, **Journal of Applied Ichthyology**, Berlim, v. 12(1996), p.123-137, 1996.
- NOMURA, H.; CARVALHO, S.C. Biologia e número de rastros do acará, *Geophagus brasiliensis* (Quoy & Gaimard, 1824). **Revista Brasileira de Biologia**, São Paulo, v. 32, n. 2, p. 169-176, 1972.
- NIKOLSKY, G.V. **The ecology of fishes**, Londres: Academic Press, 352 p., 1963.
- ROMAGOSA, E.; PPAIVA, H.M. AGOSTINHO, E.B. STORFER Desenvolvimento dos ovócitos de *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887) (= *Colossoma mitrei* Berg 1895) em condições de cultivo intensivo. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 40, n. 1, p. 60-64, 1988.
- SANTOS, E.P.dos **Dinâmica de populações aplicada à pesca e piscicultura**, S.Paulo: Ed. USP-HUCITEC, 1978, 129 p.
- STIASSNY, M.L.J. Cichlidae are different ! In: **Tropical fish hobbyist**, março/1993, p. 84-98., 1993.
- VAZZOLER, A.E.A. de M. **Biologia da reprodução de peixes teleósteos: Teoria e prática**, Maringá: EDUEM, 1996, 169 p
- WIMBERGER, P.H. Plasticity of fish body shape. The effects of diet development, family and age in two species of *Geophagus* (Pisces:Cichlidae). **Biological Journal of Linnean Society**, Londres, v. 45, p. 197-218, 1992.

ALIMENTAÇÃO DA PIAVA, *Leporinus obtusidens* (Characiformes, Anostomidae), NO LAGO GUAÍBA, PORTO ALEGRE, RIO GRANDE DO SUL, BRASIL

SANDRA MARIA HARTZ¹, CRISTIANO MACHADO SILVEIRA², SILENE DE CARVALHO³, CARMEN VILLAMIL⁴

RESUMO - Este trabalho analisa a dieta e a sazonalidade alimentar de *Leporinus obtusidens* (piava), espécie de peixe de importância comercial no Lago Guaíba. Os indivíduos foram capturados no período de agosto de 1994 a agosto de 1995, com auxílio de redes de espera e espinhéis, em pontos variados no Guaíba. Foram analisados 187 estômagos quanto ao grau de repleção. Os itens alimentares de 68 exemplares com grau de repleção cheio ou parcialmente cheio foram analisados levando-se em conta a frequência de ocorrência e um índice de importância alimentar. Restos vegetais e sedimentos foram os itens mais abundantes, caracterizando a espécie como herbívoro-iliófaga. Bivalves, gastrópodes e larvas de insetos também foram registrados, porém em menor frequência e abundância. O grande número de estômagos vazios (63,6%) pode indicar que a espécie everte o conteúdo do estômago quando submetida ao estresse da captura ou que apresenta um período de atividade alimentar diferente dos horários em que foram feitas as amostragens.

Palavras-chave: *Leporinus*, alimentação, Lago Guaíba, Sul do Brasil.

FEEDING OF PIAVA, *Leporinus obtusidens*, (Characiformes, Anostomidae), IN THE GUAÍBA LAKE, PORTO ALEGRE, RIO GRANDE DO SUL, BRASIL

ABSTRACT - The seasonal variations and composition of the diet of *Leporinus obtusidens* in Lake Guaíba were studied. Specimens were captured between August/1994 and August/1995 with gill nets and trotlines in several different places of Guaíba Lake. A total of 187 stomachs was examined for fullness and the diet composition of 68 individuals with full or partially full stomachs was investigated. Frequency of occurrence and an index of diet importance were used to analyze the data. Plant matter and sediments were the most abundant items, so that *L. obtusidens* can be considered a herbivorous-iliophagus species. Other less frequent and abundant items included bivalves, gastropods and insect larvae. The large number of empty stomachs (63.6 %) may be an indication that this species regurgitates the contents in its stomach when submitted to stress due to the sampling procedure or that the period of feeding activity is not coincident with the sampling period.

Key words: *Leporinus*, food, Guaíba Lake, South of Brazil.

INTRODUÇÃO

O lago Guaíba representa um importante manancial hídrico para a região metropolitana de Porto Alegre. Sua bacia hidrográfica ocupa uma área de 85.750 km², representando 30% do território gaúcho (BERTACO et al., 1998).

A fauna de peixes do lago Guaíba é bem conhecida do ponto de vista taxonômico, no entanto, estudos sobre a ecologia das espécies são praticamente inexistentes. Os trabalhos publicados limitam-se aos de VILLAMIL et al. (1996), sobre a abundância dos peixes de importância comercial,

de LUCENA et al. (1994), que analisaram a composição quali-quantitativa da fauna de peixes de Itapuã, e de BERTACO et al. (1998), que estudaram a variação espaço-temporal de duas espécies de lambaris.

Próxima a zona metropolitana de Porto Alegre, estão instaladas diversas colônias de pescadores que comercializam algumas espécies para o mercado público municipal, entre elas *Leporinus obtusidens*, popularmente conhecida como piava. Esta espécie é a que mais contribui para a pesca em termos de biomassa, apresentando variações sazonais em sua abundância (decrece nos meses de outono ao

1- Professora Adjunta do Departamento de Ecologia – Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Coordenadora do Laboratório de Ecologia de Vertebrados, Centro de Ecologia/UFRGS – Av. Bento Gonçalves, 9500, Caixa Postal 17.005, CEP 90.540-000, Porto Alegre, RS. E-mail: hartzsm@ecologia.ufrgs.br.

2- Biólogo – Laboratório de Ecologia de Vertebrados, Centro de Ecologia/UFRGS.

3- Bolsista de Iniciação Científica – FAPERGS (Processo no. 94/50023.1).

4- Oceanóloga – Pesquisadora da FEPAGRO, Equipe de Aquicultura e Pesca, Rua Gonçalves Dias, 570, CEP 90.130-060, Porto Alegre, RS. Recebido para publicação em 26/11/99

inverno) (VILLAMIL et al, 1996).

O gênero *Leporinus* é o mais diversificado dentre os Anostomidae, com mais de 60 espécies descritas. A espécie *L. obtusidens*, segundo GÉRY (1977), está distribuída pelo sistema hidrográfico do rio da Prata e pelas regiões sul e sudeste do Brasil, até o Estado de São Paulo. Estudos sobre alimentação da espécie são escassos, tendo sido publicados apenas os trabalhos de ANDRIAN et al. (1994) e de VOLKMER-RIBEIRO e GROSSER (1981). De uma maneira geral, os representantes da família Anostomidae parecem ser herbívoros, com tendência à onivoria (RESENDE et al., 1998).

O trabalho teve como objetivo analisar a dieta e a sazonalidade alimentar da piava no Lago Guaíba, município de Porto Alegre, Rio Grande do Sul. Pretende-se, assim, contribuir para o conhecimento da biologia da espécie, imprescindível para atividades de manejo e conservação.

MATERIAL E MÉTODOS

As coletas foram quinzenais, realizadas entre agosto de 1994 a agosto de 1995, em diversos pontos do Guaíba, com redes de espera e espinhéis. Foram analisados um total de 187 indivíduos, estes variando de 240 a 550 mm de comprimento total. Após os indivíduos serem medidos (comprimento total, em mm) e pesados (peso total, em g), seus estômagos

foram fixados em formol 10% e preservados em álcool 70%.

A atividade alimentar foi avaliada sazonalmente através das frequências relativas dos estádios de repleção: vazio, parcialmente cheio e cheio (SANTOS, 1978) e do teste de χ^2 (ZAR, 1984).

Os estômagos cheios e parcialmente cheios foram analisados, em estereomicroscópio, quanto ao seu conteúdo. Os itens alimentares foram quantificados através de um índice de importância alimentar, IIA, conforme GRANADO-LORENCIO e GARCIA-NOVO (1986), que integra os resultados quanto à frequência de ocorrência do item com sua abundância em cada conteúdo. Essa foi quantificada através de uma escala semi-quantitativa: 1- até 25% do volume total do conteúdo; 2- de 26 a 50%; 3- acima de 50% do total. O índice de importância alimentar varia de 0 a 1, sendo que itens com valores acima de 0,3 foram considerados alimentos principais, entre 0,15 e 0,30 alimentos adicionais e abaixo de 0,15 alimentos ocasionais.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A variação de comprimento total e peso para cada estação do ano encontra-se na **Tabela 1**, demonstrando que os indivíduos analisados foram, na sua totalidade, adultos.

TABELA 1- Variação de comprimento total (Lt) e peso total (Wt) por estação do ano, para os indivíduos capturados de *Leporinus obtusidens* no lago Guaíba, RS.

Período	Ltmédio (mm)	Desvio-padrão	Mínimo e Máximo	Wtmédio (g)	Desvio- padrão	Mínimo e Máximo
Inverno94	384,3	76,3	280 – 510	675,7	336,5	190 – 1070
Primavera94	390,5	52,2	280 – 550	685,3	293,2	225 – 2100
Verão95	375,1	63,3	240 – 550	624,9	265,8	160 – 1580
Outono95	375,2	54,3	250 – 470	620,8	215,4	215 – 1020

Segundo a **Figura 1**, o estádio de repleção vazio foi o que apresentou a maior frequência em todas as estações do ano. Porém, o teste de χ^2 indicou uma sazonalidade alimentar, havendo diferenças significativas entre as frequências dos estádios, ao longo do ano ($\chi^2=15,5$; DF=6; P=0,01). Nos meses de primavera e outono capturou-se piavas com maior quantidade de conteúdo estomacal (**Figura 1**). A sazonalidade na atividade alimentar, observada na espécie, pode estar relacionada com seu período reprodutivo. Para

outras espécies de *Leporinus*, foi observado um aumento na atividade alimentar antes e após a reprodução (*L. friderici*, BARBIERI e GARAVELLO, 1981) ou imediatamente logo após o período reprodutivo (*L. piau*, SANTOS, 1986). O grande número de estômagos vazios também pode indicar que a espécie everte o conteúdo do estômago quando submetida ao stress da captura, pois pesquisadores da FEPAGRO observaram, em tanques de piscicultura este comportamento (João Carlos Gerunto Rangel, observação pessoal). Ainda,

os horários das capturas podem ter influenciado nos resultados (feitas entre 17:00 e 06:00 hs) ou, também, que a espécie pode não utilizar os locais

em que foi capturada para alimentação. Ressalta-se, ainda, que os resultados obtidos nos meses de inverno devem ser analisados com cautela, visto a baixa capturabilidade de indivíduos.

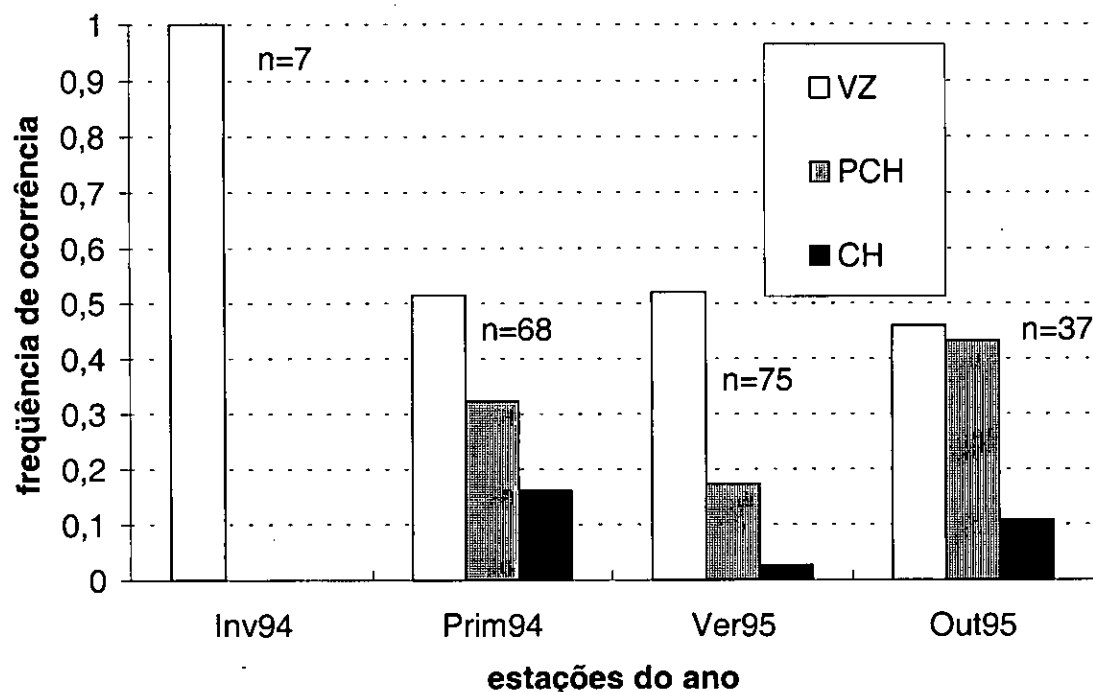


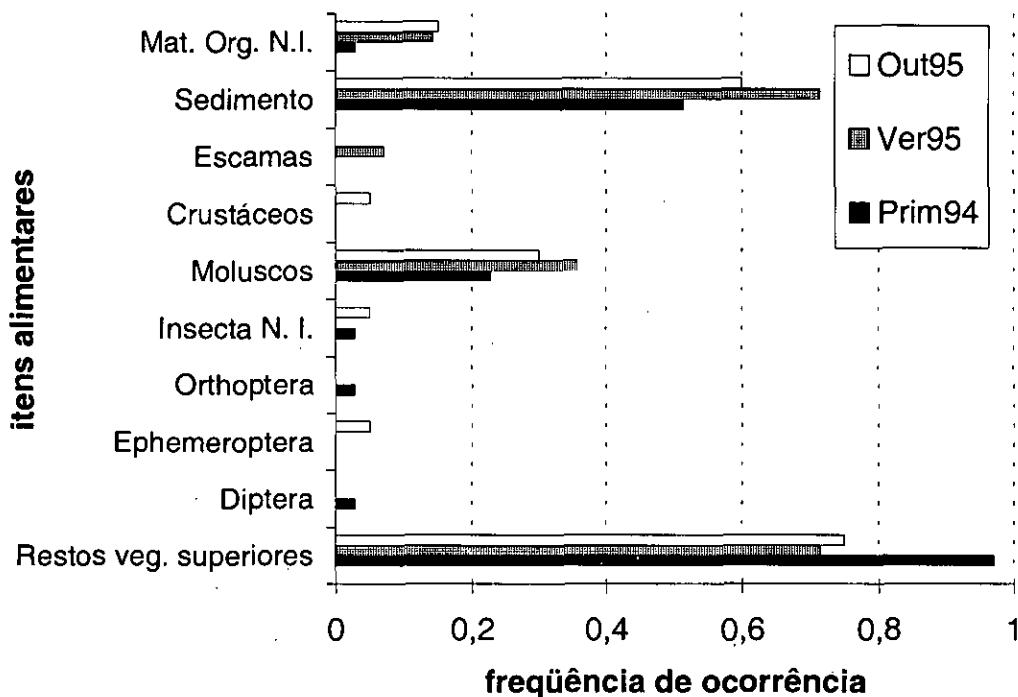
FIGURA 1 – Variação trimestral das frequências relativas dos estádios de repleção (VZ= vazio; PCH= parcialmente cheio; CH= cheio) para *Leporinus obtusidens* no lago Guaíba, RS

Durante todo o período de estudo *L. obtusidens* ingeriu, com maior frequência, restos de vegetais superiores (Figura 2). Sedimento também foi freqüente nas amostras, indicando que a espécie se alimenta preferencialmente junto ao fundo. Moluscos foi o item animal mais consumido, tendo-se identificado os gêneros *Curbicula*, *Ampullaria* e *Heleobia* nos conteúdos (Figura 2). No entanto, este item foi considerado alimento

adicional para a piava, pois apesar de freqüente, ele não foi abundante nas amostras estomacais. A Tabela 2 apresenta os valores calculados do índice de importância alimentar (IIA), demonstrando que apenas os restos de vegetais superiores e sedimento foram itens principais. Com isso, pode-se considerar *L. obtusidens*, no lago Guaíba, uma espécie herbívora-iliófaga quanto ao seu hábito alimentar.

TABELA 2- Valores trimestrais do índice de importância (IIA) dos itens alimentares ingeridos por *Leporinus obtusidens* no lago Guaíba, RS

Item alimentar	Primavera/1994	Verão/1995	Outono/1995
Matéria Orgânica N.I.	0,03	0,14	0,18
Sedimento	0,31	0,38	0,38
Escamas	0,00	0,02	0,00
Crustáceos	0,00	0,00	0,02
Moluscos	0,18	0,26	0,25
Insecta N.I.	0,01	0,00	0,02
Orthoptera	0,01	0,00	0,00
Ephemeroptera	0,00	0,00	0,02
Diptera	0,01	0,00	0,00
Restos Vegetais Sup.	0,79	0,57	0,65
N estômagos	33	15	20

**FIGURA 2 – Variação trimestral das frequências relativas de ocorrência dos itens alimentares de *Leporinus obtusidens* no lago Guaíba (N.I.= não identificado)**

A onivoria também faz-se presente, mas em menor importância.

Outras espécies de *Leporinus* estudadas no Brasil também apresentaram tecido vegetal como item importante nas suas dietas (GODOY, 1975; MESCHIATTI, 1992; RESENDE et al., 1998), tanto que, para *L. striatus*, NOMURA e MUELLER (1978) a consideraram como herbívora-iliófaga. Para a piava deste estudo, os únicos trabalhos conhecidos que abordam a dieta da espécie são de VOLKMER-RIBEIRO e GROSSER (1981), no

lago Guaíba, e de ANDRIAN et al. (1994), no rio Paraná. As primeiras autoras encontraram uma dieta composta de moluscos, poríferos e tecido vegetal, este último item, no entanto, com frequências de ocorrência diferenciadas de acordo com os locais de captura. Com uma análise microscópica acurada, as autoras encontraram, em todos os conteúdos estomacais, espículas de Porifera, item não encontrado em nossas análises. Provavelmente isto se deve à escala e objetivos diferenciados nos dois estudos, pois VOLKMER-RIBEIRO e GROSSER

(1981) objetivaram estabelecer a espécie *L. obtusidens* como dispositivo auxiliar nas coletas de esponjas, utilizando instrumental óptico propício para tal, fato não ocorrido neste estudo. Considera-se, então, que espículas de esponjas também podem ter sido ingeridas pelos indivíduos coletados no presente estudo. No rio Paraná, *L. obtusidens* ingere mais material de origem vegetal, se alimentando próxima à margem (ANDRIAN et al., 1994).

RESENDE et al. (1998), analisando a alimentação de anostomídeos no pantanal matogrossense, consideraram as espécies herbívoras com tendência à onivoria, refletindo nisso estratégias de sobrevivência em ambientes inundáveis. No lago Guaíba, a maioria dos indivíduos coletados se concentraram próximos ao Delta do Rio Jacuí, região de várzea e que, com isso poderia estar determinando a grande abundância de material vegetal ingerido. Tal fato também poderia explicar as diferenças no consumo de vegetais encontradas por VOLKMER-RIBEIRO e GROSSER (1981).

Segundo VILLAMIL et al. (1996), a piava no lago Guaíba apresenta uma forte sazonalidade na sua abundância, com maior captura de indivíduos nos meses de primavera e verão. No presente estudo não foi detectado nenhuma diferença sazonal qualitativa na dieta, apenas indicando os resultados que a espécie ingere mais itens de origem animal nos meses de verão e outono, quando provavelmente se desloca no sistema aquático para áreas mais propícias de alimentação e desova. Porém, para avaliar com eficiência estes aspectos seria necessário amostragens sucessivas em pontos fixos ao longo de toda a área do lago Guaíba.

CONCLUSÕES

Conclui-se deste estudo que a piava, no Lago Guaíba, ingere uma variedade de alimentos de origem animal e vegetal, no entanto apresentando uma dieta predominantemente herbívora-iliófaga, com maior ingestão de alimento nos meses de primavera e outono, não havendo diferenças quali-quantitativas em sua alimentação ao longo do ano.

AGRADECIMENTOS

A FAPERGS e Centro de Ecologia/UFRGS, pelo auxílio financeiro e logístico; a Ana Cristina Tomazzoni e Adriana Costa, pela colaboração no laboratório e na análise de dados.

BIBLIOGRAFIA CITADA

- ANDRIAN, I. de F.; DÓRIA, C. R.; TORRENTE, G.; FERRETTI, C. M. Espectro alimentar e similaridade na composição da dieta de quatro espécies de *Leporinus* (Characiformes, Anostomidae) do rio Paraná, BR. **Revista UNIMAR**, Maringá, v.16, p.97-106, 1994.
- BARBIERI, G.; GARAVELLO, J. C. Sobre a dinâmica da reprodução e da nutrição de *Leporinus friderici* (Bloch, 1794) na Represa do Lobo, Brotas-Itirapina, SP (Pisces, Anostomidae). In: SEMINÁRIO REGIONAL DE ECOLOGIA, 3, 1981, São Carlos. **Anais...** São Carlos: UFSCar, 1981. p.347-387.
- BERTACO, V.; LUCENA, Z.; BECKER, F. Variação espacial e temporal na abundância de *Astyanax bimaculatus* e *Astyanax fasciatus* (Characidae) no lago Guaíba, RS, BR. **Comunicações do Museu de Ciências e Tecnologia da PUCRS**, Porto Alegre, v.11, p.61-89, 1998.
- GÉRY, J. **Characoids of the world**. Neptune City: T.F.H. Publications, 1977. 672p.
- GODOY, M. P. **Peixes do Brasil – subordem characoidei**. São Paulo: Franciscana, 1975. v. 4. 847p.
- GRANADO-LORENCIO, C.; GARCIA-NOVO, F. Feeding habits of the fish community in a eutrophic reservoir in Spain. **Ekologia Polska**, Warszawa, v.34, p.95-110, 1986.
- LUCENA, C. A.; JARDIM, A.; VIDAL, E. Ocorrência, distribuição e abundância da fauna de peixes da praia de Itapuã, Viamão, RS, BR. **Comunicações do Museu de Ciências e Tecnologia da PUCRS**, Porto Alegre, v.7, p.3-27, 1994.
- MESCHIATTI, A. J. **Alimentação da comunidade de peixes de uma lagoa marginal do rio Mogi-Guaçu, SP**. São Carlos: UFSCar, 1992. 120p. Dissertação (Mestrado) - Ecologia e Recursos Naturais, Departamento de Ciências Biológicas, UFSCar, 1992.
- NOMURA, H.; MUELLER, I. M. Caracteres merísticos e dados biológicos sobre o canivete, *Leporinus striatus* Kner, 1859, do rio Mogi-Guaçu, SP (Osteichthyes, Anostomidae). **Revista Brasileira de Biologia**, Rio de Janeiro, v.38, p.573-578, 1978.
- RESENDE, E. K.; PEREIRA, R. A.; ALMEIDA, V. L. **Peixes herbívoros da planície inundável do Rio Miranda, Pantanal, Mato Grosso do Sul, Brasil**. Corumbá: EMBRAPA-CPAP, 1998. 24p.
- SANTOS, E. **Dinâmica de populações aplicada à pesca e piscicultura**. São Paulo: HUCITEC-EDUSP, 1978. 129p.
- SANTOS, G. B. S. **Estudos sobre a biologia de *Leporinus piau* Fowler, 1941 na Represa de Três Marias (MG) (Pisces, Ostariophysi, Anostomidae)**. São Carlos: UFSCar, 1986. 153p. Dissertação

- (Mestrado) - Ecologia e Recursos Naturais, Departamento de Ciências Biológicas, UFSCar, 1986.
- VILLAMIL, C. M. B.; LUCENA, C. A.; CALONE, R. G.; SANTOS, G. O. **Peixes de importância comercial capturados no Lago Guaíba, Rio Grande do Sul, Brasil**. 19p. 1996. (Circular Técnica da FEPAGRO, n.10).
- VOLKMER-RIBEIRO, C.; GROSSER, K. Gut contents of *Leporinus obtusidens* "sensu" Von Ihering (Pisces, Characoidei) used in a survey for freshwater sponges. **Revista Brasileira de Biologia**, Rio de Janeiro, v. 41, p.175-183, 1981.
- ZAR, J. H. **Bioestatistical analysis**. New Jersey: Prentice-Hall, 1984. 718p.

ASPECTOS BIOLÓGICOS IMPORTANTES PARA A PISCICULTURA DO GÊNERO *Leporinus* Spix, 1829 – UMA REVISÃO

GIL ORTIZ SANTOS¹

RESUMO - Neste artigo de revisão bibliográfica são relacionados dados encontrados na literatura científica e considerados importantes para o cultivo de espécies de *Leporinus*. O hábito alimentar constatado é do tipo onívoro. *Leporinus friderici*, *Leporinus piau*, *Leporinus obtusidens* e *Leporinus elongatus* respondem ao estímulo de hormônios gonadotróficos existentes em extratos hipofisários, tanto industrializados (Pregnyl) como em extratos de hipófises de carpas "in natura" (EHC). Foram utilizadas de duas a três doses hormonais variando de 0,25 mg/kg de peso corporal a 5,0 mg/kg nas fêmeas e 0,25 a 3,3 nos machos. Fêmeas de *L. elongatus* foram cruzadas com sucesso com machos de *Schizodon knerii*. A L_{100} para o gênero variou de 12 até 21 cm. Foram capturados jovens de *L. friderici* em represas, evidenciando que a espécie também pode desovar em ambientes fechados.

Palavras-chave: Piava, piapara, piau, reprodução animal, alimentação, crescimento, cultivo.

IMPORTANCE OF SOME BIOLOGICAL ASPECTS TO THE PISCICULTURE OF THE GENUS *Leporinus* Spix, 1829 – A REVIEW

ABSTRACT - Feeding is omnivorous type. The gonadotrophic hormones existing in commercial forms (Pregnyl) or in carp hypophysis were employed to induce spawning in *L. friderici*, *L. piau*, *L. obtusidens* and *L. elongatus* females. Hormonal dosage were between 0,25 mg/kg and 5,0 mg/kg for females and 0,25 and 3,3 mg/kg for males. *L. elongatus* females were crossed with *Schizodon fasciatus* males. The L_{100} for the genus was 12 until 21 cm. *L. friderici* young was caught in reservoirs. This denotes the possibility for species of genus spawn in closed environment.

Key words: Piava, piapara, piau, *Leporinus*, food, animal reproduction, growth, pisciculture.

INTRODUÇÃO

O gênero *Leporinus* (TELEOSTEI-ANOSTOMIDAE), inclui peixes conhecidos popularmente como piava, piapara, piau e outros nomes. De acordo com GODOY (1987), eles vivem desde a Colômbia até o Uruguai e Argentina, reunindo-se, atualmente, em mais de 60 espécies. Algumas delas possuem indivíduos de porte considerável, sendo de grande interesse comercial em virtude da palatabilidade de sua carne. Nos últimos anos tem sido constatado uma crescente demanda por alevinos de piava nas estações da Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária (Fepagro), sendo o mesmo verificado no contato com outras instituições de produção e pesquisa em piscicultura. Baseado neste fato, procedeu-se à organização deste artigo de revisão bibliográfica, tendo como objetivo relatar os dados encontrados na literatura científica para a piscicultura de *Leporinus*.

ALIMENTAÇÃO

FONTENELE e VASCONCELLOS (1977), baseados em exame do conteúdo estomacal, dão informações sobre o tipo de alimentação de *Leporinus elongatus* capturados em açudes, além de comentários sobre o tipo de crescimento, aspectos de sua reprodução e cultivo larval. Concluem que as larvas só sobrevivem se alimentadas, inicialmente, com rotíferos, passando após para o plâncton de maior tamanho. Salientaram, entretanto, que mesmo durante o período plantófago, as larvas já ingeriam pedaços de peixe que lhes eram ofertados. O regime alimentar dos adultos foi determinado como sendo folhas e vagens de feijão, insetos, camarões e peixes pequenos. Em investigações realizadas no rio Guaíba (RS), VOLKMER-RIBEIRO e GROSSER (1981), aludem sobre o papel desempenhado por exemplares de *Leporinus obtusidens* como instrumento biológico para a coleta de espículas de esponjas de

1. Biólogo, M.Sc., Equipe de Aquicultura e Pesca – FEPAGRO, Rua Gonçalves Dias, 570, P.Alegre, RS. 90130-060. gsantos@fepagro.rs.gov.br
Recebido para publicação em 08/08/2000.

água doce existentes em seus estômagos.

Para a represa de Itaipu, o período de maior índice de alimentação desta mesma espécie, medido pelo grau de repleção estomacal, esteve situado entre março e outubro (FUNDAÇÃO, 1987). Neste trabalho, da mesma forma como no primeiro referido, ficou patente um hábito alimentar do tipo onívoro, constituído por insetos (Chironomidae, principalmente), Bryozoa, restos de peixe e de vegetais.

CRESCIMENTO

O gênero foi alvo também de pesquisas envolvendo sua dinâmica populacional. Em termos de crescimento total, *L. piau* atinge um crescimento médio máximo de 19,3 cm (comprimento padrão) para as fêmeas e 16,9 cm para os machos, na represa de Três Marias, Minas Gerais (SANTOS e BARBIERI, 1993). A relação peso-comprimento, através do coeficiente angular (b), demonstrou para as fêmeas um crescimento isométrico e para os machos crescimento alométrico negativo, já que foi constatada diferença significativa entre os valores deste coeficiente. Embora os machos atinjam um tamanho menor que as fêmeas, evidenciado pelo L_{in} na equação de Bertalanffy e também por seu crescimento alométrico negativo, possuem eles uma taxa de crescimento mais acentuada (0,24 contra 0,18 das fêmeas). Ambos os sexos tem um crescimento lento e parelho até o quinto ano de vida. A partir daí, as fêmeas crescem de forma mais rápida. Salientam ainda, porém, que a ocorrência de indivíduos de pequeno porte pode ser devido aos habitats com pouca oferta alimentar. Citando GARAVELLO (1979) chamam a atenção, entretanto, para a grande diferença de porte entre as espécies do gênero *Leporinus*.

Na represa do Lobo e no rio Moji-Guaçu (SP) foram encontrados indivíduos de *L. friderici* com até sete e seis anéis verdadeiros nas escamas para fêmeas e machos, respectivamente, no primeiro ecossistema e seis e cinco para o segundo ecossistema (BARBIERI e SANTOS, 1988). Concluem em seu trabalho que o tipo de crescimento da espécie é lento. A observação da curva de crescimento em comprimento calculada evidencia que tanto machos como fêmeas atingiriam 100 g de peso somente entre o terceiro e o quarto ano de idade. BOUJARD et al. (1991) parecem discordar deste fato ao afirmar que detectaram indivíduos da

espécie pesando 125 g com um ano de idade. Deve ser salientado, todavia, que este último trabalho foi feito em latitudes perto do equador (Guiana francesa) e provavelmente, águas mais quentes que São Paulo, o que levaria a um melhor desempenho no crescimento.

Leporinus piau teve crescimento lento na represa de Três Marias (MG) sendo que os machos cresceram mais rapidamente embora atingindo tamanhos menores (SANTOS e BARBIERI, 1993). Outras conclusões neste trabalho foram que os dois sexos atingem cerca de 8,4 anos de idade máxima e que as fêmeas, a partir dos cinco anos crescem de forma mais rápida que os machos.

SIQUEIRA e SHIBATA (1996) obtiveram um coeficiente b com o valor de 2,90 para *L. friderici* (crescimento alométrico negativo) ao passo que para *L. elongatus* e *L. obtusidens* verificaram a existência de crescimento alométrico positivo ($b=3,015$ e $3,192$), respectivamente. Já *L. mormyrops* apresentou crescimento levemente alométrico negativo ao se obter um coeficiente angular (b) da ordem de 2,84 para as fêmeas e 2,96 para os machos (VALENTIM et al., 1998).

Parece haver uma tendência, portanto, a um crescimento alométrico negativo naquelas espécies mencionadas do gênero *Leporinus*, com exceção de *L. mormyrops* (ambos os sexos) e fêmeas de *L. piau* com tendência isométrica no crescimento. Sendo assim, estes peixes cresceriam mais em peso do que em comprimento, após os estágios jovens de vida.

REPRODUÇÃO

Em termos de reprodução induzida, vários trabalhos com espécies do gênero foram feitos. *L. obtusidens*, por exemplo, pôde ser induzida à reprodução através de hipófises de outro anostomídeo, *Schizodon fasciatus*, usando-se uma combinação de Pregnyl (HCG) com extratos hipofisários da segunda espécie (SILVA-FILHO, 1981). Este autor usou dosagens de 5 e 3 UI/g de peso, de Pregnyl, para fêmeas e machos, respectivamente, adicionadas a 1,5 hipófises/kg de peso para ambos os sexos. Os reprodutores mediram de 25 a 40 cm de comprimento (autor não especificou se comprimento total ou padrão) com um peso entre 300 e 2.800 g. A eclosão ocorreu cerca de 18 horas após a indução. Foi observado que os machos maturaram antes das fêmeas.

Na represa de Itaipu (PR), o tamanho de primeira maturação de *L. obtusidens* foi medido como sendo de 36 cm de comprimento total, sendo que o fator de condição da espécie diminuiu de maio-junho até novembro-dezembro, nos machos, subindo em seguida. Nas fêmeas, esta queda já ocorreu a partir de março-abril, subindo também a partir do bimestre seguinte. A proporção sexual foi a esperada, 1:1 (FUNDAÇÃO, 1987). Nesta investigação, porém, há de se ressaltar o pequeno número e a pequena variabilidade dos tamanhos dos exemplares capturados, podendo-se, por isto, questionar estes resultados.

GARADI et al. (1988), dão conta da indução artificial à desova em fêmeas de *Leporinus elongatus* fecundadas com sêmen de outro anostomídeo, *Schizodon knerii*. Foram utilizadas duas aplicações de extratos de hipófises secas de carpa comum (EHC), nas proporções de 0,5 mg/kg de peso para os dois sexos como dose preparatória e 5,0 e 2,0 mg/kg para fêmeas e machos, respectivamente, como dose decisiva, após 20 horas da primeira aplicação. A desova ocorreu depois de 180 horas-graus e a eclosão em 14-15 dias-graus, a uma temperatura média de 28°C. Foi obtida uma taxa de fecundidade de 60 a 70 % e um número final de 570 alevinos. Os autores não teceram considerações sobre o motivo de tão baixo número de alevinos produzidos.

REZENDE et al. (1996) realizaram estudos sobre avaliação da maturação gonadal e indução da reprodução em peixes no reservatório da represa de Itutinga (MG), usando hipofisacção. Usaram para *Leporinus elongatus* e *Leporinus friderici* três doses hormonais: prévia, 1' e 2'. "Nas proporções de 0,25 mg/kg de extrato de hipófise (EHC) como prévia, para todos os reprodutores. Cerca de 8h após, injetaram a 1' dose (0,5 EHC/kg peso para machos e 0,4 para fêmeas). Doze horas depois aplicou-se uma dosagem 10 vezes superior a 1', denominada de "2' dose". A eclosão aconteceu 9 horas após a indução. Os reprodutores de *L. elongatus* mediram de 20,8 a 24 cm de comprimento padrão e pesaram de 120 a 250 g. Os de *L. friderici*, ficaram entre 21 e 23 cm e 180 e 230 g.

Na bacia do rio São Francisco, SATO et al. (1988) induziram fêmeas e machos de *Leporinus elongatus* usando duas doses de EHC nas fêmeas: 0,6 a 1,2 mg/kg e 3,9 a 5,1 mg/kg de peso corporal,. Nos machos foram injetadas 2,5 a 3,3 mg/kg, quando da aplicação da segunda dosagem nas fêmeas. A extrusão dos óvulos foi feita a 220-225 hora-graus,

após a 2ª. dose e a eclosão a 400-416 hora-graus após a fecundação. A temperatura da água variou entre 24-26 °C. A fecundação foi realizada a seco e a produção de óvulos pôr fêmea foi 2364-2865/g de peso corporal. Foi obtida uma taxa de fertilização da ordem de 70-80 %. Embora em REZENDE et al. (1996), não seja fornecida a quantidade de óvulos conseguida com as dosagens hormonais de seu trabalho, constata-se que a dosagem de SATO et al. (1988) redundou numa boa quantidade de óvulos extrusada, sendo, portanto, uma metodologia eficaz para a espécie.

SOARES et al. (1996) trabalhando na represa de Itutinga (MG), determinaram para exemplares de *L. piau*, o tamanho da primeira maturação sexual (L₁) e o tamanho em que todos os indivíduos da população estão prontos para a reprodução (L₂). Foram encontrados como L₁ : 10,2 cm¹⁰⁰ de comprimento padrão e 12,5 cm de comprimento total para as fêmeas e 9,6 e 11,5 cm para os machos. A L₂ ficou em 12,0 de comprimento padrão e 14,8 cm¹⁰⁰ de comprimento total para as fêmeas e 10,8 e 13,3 cm para os machos. Estas observações levaram à conclusão de existência de dimorfismo sexual dentro da espécie, sendo os machos menores que as fêmeas. TAVARES e GODINHO (1988a) e RICARDO et al. (1998) por sua vez, constataram que o índice de gordura abdominal (IGA) é nulo nas fêmeas de *L. piau* durante a época reprodutiva, enquanto nos machos ele é bastante reduzido. Contrariamente, os valores máximos deste parâmetro nas fêmeas acontecem depois da desova. O IGA é, portanto, um bom indicativo do período em que a espécie está se reproduzindo. Ainda TAVARES e GODINHO (1988b), notaram a correlação positiva entre fotoperíodo, temperatura da água e nível pluviométrico com a época reprodutiva da espécie.

BARBIERI e SANTOS (1988) observaram desova natural de *L. friderici* na represa do Lobo (SP), um reservatório com 8 km de extensão e 900 m de largura, enquanto SUZUKI e AGOSTINHO (1991) observaram o mesmo para o reservatório de Itaipu (PR). Se confirmado tal fato em estudos feitos em outras latitudes, seria um grande impulso para o cultivo extensivo e repovoamento desta espécie, como também estaria a determinar a necessidade de estudos idênticos para as demais espécies do grupo.

Em relação ao tamanho da primeira maturação gonadal, se poderia estabelecer um gradiente de

comprimento entre as espécies mencionadas. Assim, *L. piau* já estaria sexualmente maduro com pouco mais de 10 cm, *L. elongatus* a partir dos 20 cm, *L. friderici* após os 21 e *L. obtusidens* somente depois de atingir 36 cm (como já referido, porém, na pág. 4, este último valor não parece muito confiável).

SATO e GODINHO (1988) verificaram como sendo do tipo total, a desova de *L. elongatus*, *L. piau*, *L. reinhardti* e *L. taeniatus*, tendo sido constatado o mesmo fato para *L. friderici* (RICARDO et al., 1998).

COSER et al. (1988) congelaram sêmen de *Leporinus obtusidens* com dimetilsulfóxido (DMSO) a 5 e 10 %. Observaram uma motilidade de 70% nos espermatozoides antes do congelamento e de 0 a 10% após.

CULTIVO

Com relação a cultivo, ZANIBONI-FILHO et al. (1993) avaliaram em termos comparativos a eficiência da criação de alevinos de *L. friderici* em tanques-rede vs. tanques escavados, obtendo uma performance acentuadamente melhor no primeiro tipo, com uma biomassa total em torno de 12 a 22 vezes maior nos tanques-rede do que nos tanques de terra.

REBELO NETO (1988) cultivando alevinos de *L. friderici* sob diferentes rações (girassol + farinha de carne; milho; arroz + farinha de carne) encontrou no primeiro tratamento o maior valor da constante b (=2,94) da relação peso-comprimento. Concluiu também, pela análise econômica, que os três tratamentos foram rentáveis. Dados de BOUJARD et al. (1991) evidenciam que exemplares de *Leporinus friderici* atingem cerca de 420 g de peso médio no primeiro ano, a uma taxa de arraçoamento da ordem de 3,5 % da biomassa. Outro dado informado no trabalho é que a partir do 3º ano de idade, as fêmeas crescem mais rapidamente do que os machos. Interessante é a relação que estes autores apresentam entre o crescimento e o número de meses chuvosos tendo, inclusive, desenvolvido uma equação linear de regressão:

$$S.L. = 11,3 M + 110,6,$$

Sendo:

M = nº de meses chuvosos / ano

S.L. = comprimento padrão

CONCLUSÕES

1 – O hábito alimentar de *Leporinus obtusidens* e *L. elongatus* é do tipo onívoro, sendo este um bom indicativo para o cultivo de ambas.

2 - Parece não haver sincronia na maturação sexual de machos e fêmeas de *L. obtusidens*. Fêmeas desta espécie podem ser induzidas à desova usando-se hipófises de *Schizodon fasciatus* (espécie também pertencente a família Anostomidae) adicionadas ao hormônio gonadotrófico coriônico (HCG).

3 - Fêmeas de *L. elongatus* podem ser cruzadas com machos de *Schizodon knerii*.

4 – As desovas de *L. elongatus* e *L. friderici* podem ser induzidas através de injeções de hormônios contidas em extratos de hipófises de carpa (EHC). Estas espécies apresentam indivíduos reprodutores a partir de 20 e 21 cm, respectivamente, de comprimento padrão.

5 – As fêmeas de *L. piau* podem ser induzidas à desova a partir de 12 cm de comprimento padrão ou 14,8 de comprimento total, e os machos a partir de 10,8 cm de comprimento padrão e 13,3 cm de comprimento total.

6 – As fêmeas de *L. friderici* podem desovar em ambientes fechados como represas. Por isto, esta espécie pode ser usada para o povoamento de barragens em geral.

7 – *L. friderici* cresce acentuadamente mais quando cultivada do que em ambiente natural e apresenta melhor desempenho em tanques-rede do que em tanques de terra.

8 – Ocorre desova total em *L. elongatus*, *L. piau*, *L. reinhardti* e *L. taeniatus*.

9 – O sêmen de *L. obtusidens* pode ser congelado usando-se DMSO.

10 – Os indivíduos de *L. piau* tem crescimento lento no ambiente natural, chegando a atingir 8 anos de idade. O mesmo tipo de crescimento foi encontrado em *L. friderici*.

11 – O fotoperíodo, a temperatura da água e o nível pluviométrico parecem ter influência sobre a reprodução em *L. piau*.

12 – *L. friderici* pode atingir até cerca de 400 g/ano, quando cultivada.

13 - Há necessidade de mais estudos sobre crescimento em comprimento e peso neste grupo, tanto em ambiente natural como em cultivo.

BIBLIOGRAFIA CITADA

- BARBIERI, G.; SANTOS, E. P. dos. Análise comparativa do crescimento e de aspectos reprodutivos da piava, *Leporinus friderici* (Bloch, 1794) (Osteichthyes, Anostomidae) da represa do Lobo e do rio Moji-Guaçu, Estado de São Paulo. **Ciência e Cultura**, v. 40, n.7, p. 693-697, 1988.
- BOUJARD, T.; LECOMEL, RENNO J.F.; MEUNIER F. Growth in four populations of *Leporinus friderici* (Bloch, 1794) (Anostomidae, Teleostei) in French Guiana, **Journal of Fish Biology**, v. 38, p. 387-397, 1991.
- COSER, A.M.L.; GODINDO, H.L.; TORQUATO, V.C. Observações preliminares sobre sêmen congelado de piau (*Leporinus obtusidens*). In: **Associação Mineira de Aqüicultura. Resumos dos encontros 1982/1987**, Brasília: Ministério da Irrigação, 1988. p.73
- FONTENELE, O.; VASCONCELOS, E.A. Considerações sobre a aclimatização do piau verdadeiro, *Leporinus elongatus*, CUV., 1864 (ANOSTOMIDAE), em açudes do nordeste brasileiro. **Boletim Técnico do DNOCS**, Fortaleza, v. 35, n.1, p. 61-92, 1977.
- FUNDAÇÃO ESTADUAL UNIVERSIDADE DE MARINGÁ **Relatório do projeto Ictiofauna e Biologia Pesqueira. Reservatório de Itaipu**. Maringá, v.2 p. 1987. p. 545-559,
- GARADI, P.; ARAÚJO, O.; FIGUEIROA N.C. Reprodução artificial do piau verdadeiro, *Leporinus elongatus*, Valenciennes, 1849, cruzado com piau branco, *Schizodon knerii*, Steindachner, 1875. **Estudos de Piscicultura**, Brasília, p. 13-16, 1988.
- GARAVELLO, J.C. **Revisão taxonômica do gênero *Leporinus* Spix, 1829 (Ostariophysi, Anostomidae)**. São Paulo: USP, 1979, 455 p. Tese de doutoramento (Instituto de Biociências). 1979.
- GODOY, M.P. de **Peixes do estado de Santa Catarina**. Florianópolis: Editora da UFSC, 1987. 569 p.
- RICARDO, M. C. P.; RATTON, T. F.; BARRETO, B. P.; RIZZO, E. Biologia reprodutiva de *Leporinus friderici* (BLOCH, 1794) (PISCES-ANOSTOMIDAE) no rio do Carmo, afluente do rio Grande, SP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOLOGIA, 22°. 1998, Recife. **Resumos...** Recife: Sociedade Brasileira de Zoologia, 1998. p. 243.
- REBELO NETO, P. X. Crescimento de *Leporinus friderici* arraçoado com três dietas diferentes. In: SIMPÓSIO LATINOAMERICANO DE AQUICULTURA, 6°. 1988 Florianópolis, **Anais...** Florianópolis: ABRAq, 1988. p.442-451.
- REZENDE, A. P. S.; ALVES, C. B. M.; SILVA, M. O. B. Avaliação da maturação gonadal e indução da reprodução de peixes coletados no Rio Grande, a jusante da UHE Itutinga, MG. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, São Paulo, v. 48, supl. 1, p. 39-46, 1996.
- SANTOS, G.; BARBIERI, G. Idade e crescimento do “piau gordura” *Leporinus piau* Fowler 1941, na represa de Três Marias (Estado de Minas Gerais) (Piscis, Ostariophysi, Anostomidae). **Revista Brasileira de Biologia**, Rio de Janeiro, v. 53, n.4, p. 649-658, 1993.
- SATO, Y.; CARDOSO, E. L.; CAPUCHINHO, S. A. Reprodução induzida do piau-verdadeiro (*Leporinus elongatus*) da bacia do São Francisco (Nota preliminar) In: **ASSOCIAÇÃO MINEIRA DE AQUICULTURA: Resumos dos encontros 1982/1987**, Brasília, Ministério da Irrigação (CODEVASF), 1988, p.72.
- SATO, Y.; GODINHO, H.P. Adesividade de ovos e tipo de desova dos peixes de Três Marias, MG. In: **ASSOCIAÇÃO MINEIRA DE AQUICULTURA: Resumos dos encontros 1982/1987**, Brasília, Ministério da Irrigação, (CODEVASF), 1988, p.102.
- SATO, Y.; CARDOSO, E.L. Reprodução induzida de três espécies de peixes do gênero *Leporinus* In: **ASSOCIAÇÃO MINEIRA DE AQUICULTURA: Resumos dos encontros 1982/1987**, Brasília, Ministério da Irrigação (CODEVASF), 1988, p.106-107.
- SILVA-FILHO, J.A. Contribuição ao estudo da reprodução induzida da piapara, *Leporinus obtusidens*, em cativeiro, com uso da hipófise fresca de piava catinguda, *Schizodon fasciatus* e Pregnyl. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PESCA, 2°. 1981, Recife. **Anais...**, Recife: UFRPE, 1981. p. 179-185,
- SIQUEIRA, R.; SHIBATA, O. A. Interpretação do parâmetro através da comparação do fator de condição alométrico com o de Fulton pela análise não paramétrica de Mann-Whitney. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOLOGIA, 21°. 1996, Porto Alegre. **Resumos...** Porto Alegre: SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOLOGIA, 1996. p.145.
- SOARES, M. G.; DABÉS, A. C.; SATO, Y. Tamanho de primeira maturação sexual do *Schizodon knerii* e do *Leporinus piau* (Teleostei, Anostomidae) na represa de Três Marias, MG., **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, São Paulo, v. 48 supl. 1, p. 47-54, 1996.
- SUZUKI, H.I.; AGOSTINHO, A. Atividade reprodutiva dos peixes teleósteos nos primeiros seis anos da formação do reservatório de Itaipu, Bacia do Rio Paraná. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE ICTIOLOGIA, 9°. 1991. **Resumos...** Maringá: Sociedade Brasileira de Ictiologia, 1991. p.76.
- TAVARES, E. F.; GODINHO, H. P. Relações entre fatores

- de condição, índice de gordura abdominal (IGA) e maturação gonádica em fêmeas e machos de piau gordura (*Leporinus piau* Fowler, 1941), da represa de Três Marias, MG. In: **ASSOCIAÇÃO MINEIRA DE AQUICULTURA**: Resumos dos encontros 1982/1987, Brasília: Ministério da Irrigação (CODEVASF), 1988a. p.98.
- TAVARES, E.F.; GODINHO, H.P. Interferência de fatores abióticos na reprodução de machos e fêmeas de piau gordura (*Leporinus piau* Fowler, 1941) da represa de Três Marias, MG. In: **ASSOCIAÇÃO MINEIRA DE AQUICULTURA**: Resumos dos encontros 1982/1987, Brasília: Ministério da Irrigação (CODEVASF), 1988b. p.99.
- VALENTIM, M.F.M.; LIMA, D.; CARAMASCHI, E. Aspectos reprodutivos do teleosteo *Leporinus mormyrops* (STEINDACHNER, 1875) no trecho inferior do rio Paraíba do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOLOGIA, 22°. 1998, Recife. **Resumos...** Recife: SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOLOGIA, 1998. p. 252.
- VOLKMER-RIBEIRO, C.; GROSSER, K. Gut contents of *Leporinus obtusidens* "sensu" von Ihering (PISCES-CHARACOIDEI) used in a survey for freshwater sponges. **Revista Brasileira de Biologia**, Rio de Janeiro, v. 41, n.1: p.175-183, 1981.
- ZANIBONI-FILHO, E.; BARBOSA, N.D.C.; TORQUATO, V. Avaliação comparativa da eficiência do tanque-rede no cultivo de piau, *Leporinus friderici* Bloch, 1794, (TELEOSTEI-ANOSTOMIDAE). **Revista Brasileira de Biologia**, Rio de Janeiro, v. 53, n.3, p. 435-442, 1993.

ARTIGO DE REVISÃO

APOMIXIA: UM MÉTODO ALTERNATIVO PARA A PRODUÇÃO DE SEMENTES EM PLANTAS

LUCIANE GAUER¹, SUZANA CAVALLI-MOLINA²

RESUMO - A apomixia é um método geneticamente controlado de reprodução em plantas onde o embrião é formado sem a união dos gametas feminino e masculino. Há três tipos básicos de apomixia: aposporia, diplosporia e embrionia adventícia. Na maioria das espécies apomíticas, a pseudogamia é necessária para o desenvolvimento do endosperma e conseqüente viabilidade do embrião. A apomixia pode ser detectada a partir de diferentes técnicas, como a análise de sacos embrionários, testes de progênes, análise da deposição de calose nas paredes celulares, teste de auxina, entre outros. A apomixia apresenta uma vantagem para o melhoramento vegetal por permitir a perpetuação de um dado genótipo, preservando as características de interesse, ao longo das gerações, via semente. As informações obtidas até o momento quanto à genética da apomixia sugerem que esta característica é controlada por poucos genes de efeito dominante, o que favorece a manipulação desta característica em programas de melhoramento.

Palavras-chave: reprodução assexual, apomixia, pseudogamia, melhoramento de plantas

APOMIXIS: AN ALTERNATIVE METHOD OF SEED PRODUCTION IN PLANTS

ABSTRACT- Apomixis is a method genetically determined of reproduction in plants, in which embryo is formed without the union of male and female gametes. There are three basic mechanisms of apomixis: apospory, diplospory and adventitious embryony. In most apomitic species, the pseudogamy is necessary for the endosperm development and consequent embryo viability. Apomixis can be detected through several techniques as embryo sac cytological analysis, progeny tests, callose deposition analysis in cell walls, auxin tests, among others. Apomixis represents an advantage for plant improvement because it allows the fixation of superior genotypes by succeeding generations. The available information about the genetics of apomixis suggests that this characteristic is controlled by few dominant genes, which favors the manipulation of this characteristic in breeding programs.

Key words: asexual reproduction, apomixis, pseudogamy, plant breeding

INTRODUÇÃO

A maioria das plantas superiores se reproduz sexualmente. A reprodução sexual gera variabilidade genética, através de mecanismos de recombinação gênica como a permuta ("crossing-over") entre os cromossomos homólogos durante a prófase da meiose I, a segregação aleatória dos cromossomos homólogos na anáfase I, ou ainda pelas diversas possibilidades de reunião dos gametas femininos e masculinos durante a fecundação. Em muitas espécies de plantas, porém, a fertilização e a meiose podem não estar envolvidas na formação da semente, e esta é formada por um processo assexual denominado apomixia.

A apomixia ocorre em todo o reino vegetal,

desde algas até angiospermas. Entre as angiospermas (tanto monocotiledôneas quanto dicotiledôneas), mais do que 300 espécies de plantas de mais de 35 famílias, têm sido descritas como apomíticas, com um padrão de distribuição que indica uma origem polifilética (ASKER e JERLING, 1992). Segundo RICHARDS (1986), a apomixia é encontrada principalmente nas famílias Gramineae, Compositae, Rosaceae e Rutaceae.

A apomixia é um método geneticamente controlado de reprodução em plantas. O termo apomixia, no seu sentido mais amplo, significa "longe da mistura", pois *apo* quer dizer "longe de" e *mixia* "mistura" (WINKLER *apud* ASKER e JERLING, 1992). Neste tipo de reprodução, o embrião se desenvolve no ovário a partir de uma

¹Bióloga, M.Sc

²Bióloga, Dra., Professora Adjunta, Departamento de Genética, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Caixa Postal 15053, CEP91501-970, Porto Alegre, RS. E-mail: scmolina@ifufrgs.br Autor para correspondência.
Recebido para publicação em 24/08/1999.

célula somática do óvulo, ocorrendo a formação de sementes férteis, sem haver a união do gameta feminino com o masculino, como ocorre na reprodução sexual (KOLTUNOW, 1993). Há três tipos básicos de mecanismos apomíticos: diplosporia, aposporia e embrionia adventícia, distinção esta baseada no sítio de origem e subsequente padrão de desenvolvimento da célula, que dará origem ao embrião.

Por muitos anos a apomixia foi considerada uma barreira ao melhoramento. Entretanto, nas últimas duas décadas, este modo de reprodução tem recebido uma grande atenção devido à descoberta de plantas parcialmente apomíticas (apomíticas facultativas) em espécies cultivadas (HANNA e POWELL, 1973; ARTHUR et al., 1993), à descoberta de plantas sexuais em espécies apomíticas (BASHAW, 1962; HANNA et al., 1973) e à obtenção de novas informações sobre o controle genético da apomixia (BASHAW, 1980; NOGLER, 1984; KOLTUNOW, 1993). Estas descobertas são de grande importância para a utilização da apomixia em programas de melhoramento. Segundo HANNA (1995), a apomixia pode ter um grande impacto na produção de alimentos, forrageiras e fibras, que são propagadas por semente, em todo o mundo. A principal vantagem da apomixia no melhoramento vegetal refere-se ao fato dos embriões apomíticos serem, via de regra, originados por divisões mitóticas de uma célula somática do óvulo, tornando-os geneticamente idênticos à planta-mãe. Esta situação traz um óbvio benefício à agricultura, pois se a apomixia puder ser introduzida em grupos de plantas economicamente importantes, ela poderá ser um meio de perpetuar um dado genótipo, preservando características de interesse, como a heterose, ao longo das gerações via semente (HANNA e BASHAW, 1987).

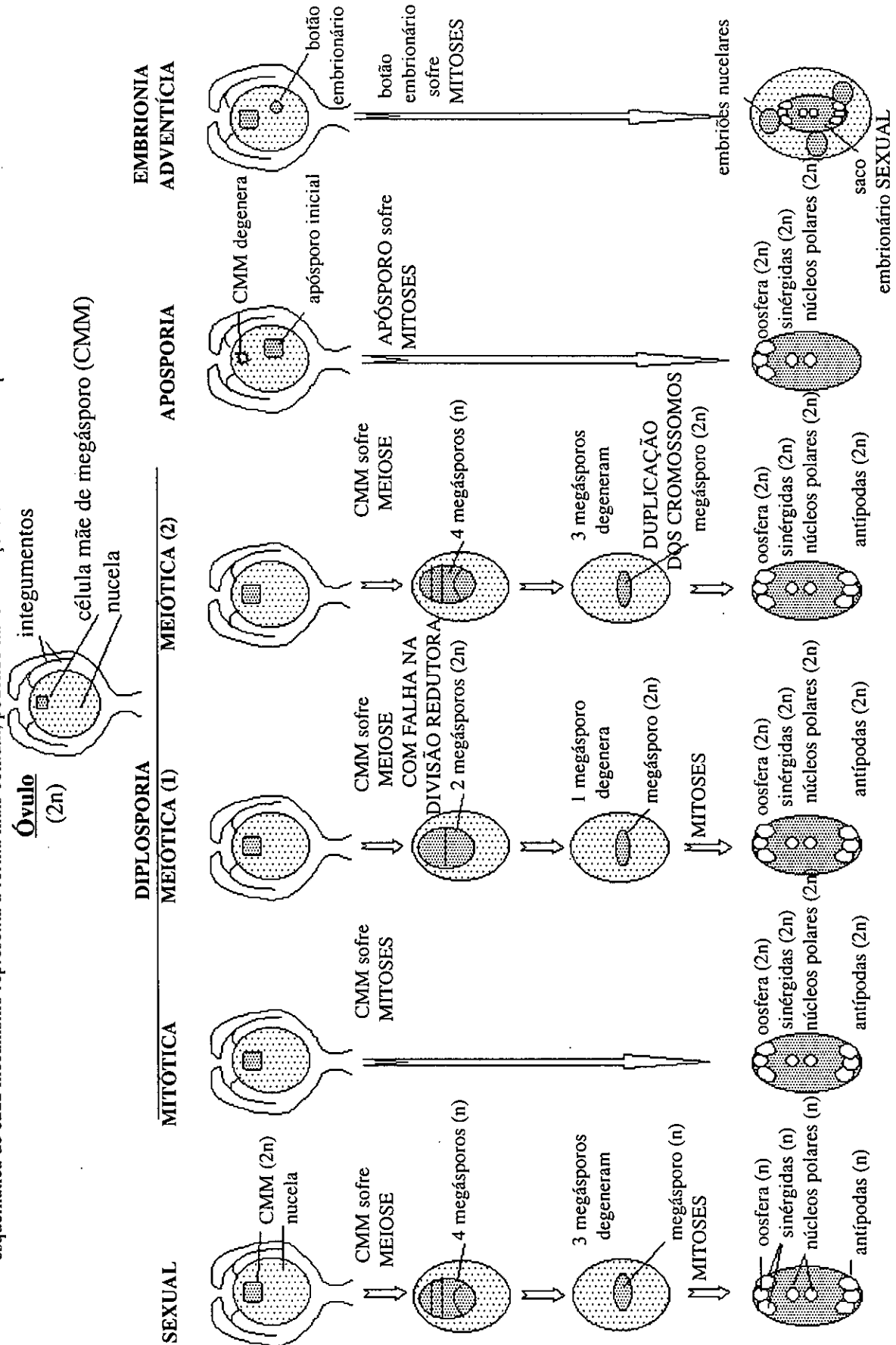
O propósito desta revisão é descrever os tipos de apomixia, os métodos para sua identificação, a base genética da apomixia e a sua importância na produção agrícola.

MECANISMOS DA APOMIXIA

Segundo KOLTUNOW (1993), na reprodução sexual, o óvulo tem um papel multifuncional devido ao fato de no mesmo ocorrer os processos sequenciais da gametogênese feminina, fertilização e desenvolvimento do embrião. Uma sequência definida de eventos deve ocorrer para resultar na geração de uma única semente fértil, que é o produto final da reprodução sexual nas angiospermas. Essa sequência compreende os seguintes eventos (Figura 1): desenvolvimento de uma célula localizada no tecido nucelar (a célula arquesporial) que cresce mais que as vizinhas, formando a célula mãe de megásporo; a produção de megásporos através de meiose (megasporogênese); degeneração de alguns megásporos; desenvolvimento do saco embrionário por mitoses (megagametogênese); maturação do saco embrionário e dupla fertilização, fenômeno caracterizado pelo encontro de um dos núcleos germinativos do grão de pólen com a oosfera, formando o zigoto e do outro núcleo com os núcleos polares do saco embrionário, formando o endosperma.

Segundo KOLTUNOW (1993), os mecanismos apomíticos diferem no momento em que são iniciados durante o desenvolvimento do óvulo em relação à via sexual normal. Os processos diplospóricos e apospóricos surgem no início do desenvolvimento do óvulo: no momento da diferenciação da célula mãe de megásporo, na diplosporia, e após a diferenciação da célula mãe de megásporo, na aposporia. A diplosporia e a aposporia resultam na formação de uma estrutura megagametofítica (saco embrionário), geralmente sem redução meiótica, e o embrião desenvolve-se de uma das células deste megagametófito não reduzido. Por isso estes dois mecanismos são referidos como processos apomíticos gametofíticos. Em contraste, a embrionia adventícia é iniciada tardiamente no desenvolvimento do óvulo, geralmente ocorrendo em óvulos maduros. Os embriões originam-se de tecidos somáticos do óvulo, não havendo a formação de saco embrionário, por esta razão sendo denominado de apomixia

Figura 1: Mecanismos apomíticos: diplosporia mitótica e meiótica, aposporia e embrionia adventícia, comparados com os eventos da reprodução sexual. A representação esquemática de cada mecanismo representa a forma mais comum, podendo haver variações em diferentes espécies.



esporofítica (NOGLER, 1984; ASKER e JERLING, 1992). A maioria das plantas apomíticas são poliplóides, entretanto, gêneros com embriões adventícia normalmente são diplóides (ASKER e JERLING, 1992).

DIPLOSPORIA

Neste tipo de reprodução apomítica, o embrião e o endosperma desenvolvem-se de um saco embrionário não reduzido cromossomicamente, derivado da célula mãe de megásporo. A diferenciação da célula mãe de megásporo é semelhante a de óvulos sexuais, mas o núcleo não sofre meiose ou, alternativamente, passa por uma meiose alterada. Deste modo, há dois tipos de diplosporia, a mitótica e a meiótica, como mostra a Figura 1.

Na diplosporia mitótica, o tipo mais comum de diplosporia, a meiose é totalmente inibida (NOGLER, 1984). A célula mãe de megásporo se diferencia, mas o seu núcleo, ao invés de se dividir por meiose, o faz por mitoses, com a célula aumentando consideravelmente de tamanho sem se dividir. Os núcleos resultantes da primeira divisão mitótica migram para os pólos opostos da célula, normalmente se assemelhando ao estágio binucleado do saco embrionário sexual. As divisões mitóticas subseqüentes e a diferenciação do saco embrionário variam entre diferentes espécies.

Segundo BASHAW (1980), na diplosporia meiótica, a célula mãe de megásporo diferencia-se da nucela e a meiose é iniciada, mas os núcleos do saco embrionário recebem um número cromossômico não reduzido que pode ser devido a uma falha na divisão redutora, ou seja, a não separação dos cromossomos homólogos na meiose I, ou pela duplicação espontânea do número cromossômico do megásporo funcional após a meiose. Neste último caso também há a formação de saco embrionário não reduzido. Entretanto, a progênie de plantas heterozigotas não será uniforme e nem idêntica à planta-mãe, apesar de terem sido originadas por reprodução assexuada, apresentando descendentes homozigotos para distintos alelos. Este tipo de diplosporia não tem sido relatada em espécies de importância agrônômica, tendo pouco interesse no melhoramento de plantas.

Em ambos tipos de diplosporia, mitótica e meiótica, a célula mãe de megásporo produz um saco embrionário não reduzido contendo o mesmo número de células e o mesmo arranjo que um saco

embrionário sexual.

AOSPORIA

Diferentemente do processo diplospórico, o saco embrionário apospórico não se origina da célula mãe de megásporo, mas se forma de células adicionais que se diferenciam da nucela. Estas células, chamadas apospóros iniciais, assemelham-se à célula mãe de megásporo sexual, possuindo um grande núcleo e um citoplasma denso (KOLTUNOW, 1993).

Os apospóros iniciais dão origem a um saco embrionário não reduzido por mitose. Entretanto, processos apospóricos e sexuais podem coexistir num mesmo óvulo, o que não é possível em apomíticos diplospóricos. Análises citológicas de espécies apospóricas têm mostrado que um ou mais apospóros iniciais podem se diferenciar da nucela, próximos à célula, envolvida na reprodução sexual, em qualquer estágio da megasporogênese ou megagametogênese e iniciar a formação de um saco embrionário apospórico. Sacos embrionários apospóricos parecem se desenvolver mais rapidamente que os sexuais devido ao fato de seu processo de formação não requerer divisões meióticas. A percentagem de óvulos, contendo tanto sacos embrionários sexual e apospóricos, é alto em algumas espécies apomíticas, entretanto, os produtos do processo sexual, muitas vezes, tendem a degenerar (NOGLER, 1984; ASKER e JERLING, 1992, KOLTUNOW, 1993). O momento da iniciação da aposporia é muitas vezes um indicador da coexistência de processos sexuais e apospóricos. Em *Potentilla*, por exemplo, tem sido observado que quando os apospóros iniciais aparecem mais cedo é provável que os processos sexuais sejam inibidos. Se os apospóros iniciais se diferenciarem posteriormente, quando a formação do megagametófito sexual estiver relativamente avançada, ambos os tipos de sacos embrionários poderão coexistir (NOGLER, 1984; RICHARDS, 1986; BASHAW e HANNA, 1990).

Em óvulos de plantas sexuais e apomíticas diplospóricas somente uma célula diferencia-se, dando origem ao saco embrionário. Segundo KOLTUNOW (1993), isso sugere que, na maioria das plantas, um mecanismo seletivo opera para limitar o número de células, que podem diferenciar-se da nucela e que plantas apomíticas apospóricas têm desviado essa limitação. O fato, de que os

apósoros iniciais desenvolvem-se na zona adjacente à célula progenitora do saco embrionário sexual (NOGLER, 1984), sugere que o sinal que especifica a célula mãe de megásporo se expanda e atinja células da nucela ou que um controle restritivo, que impede a diferenciação em grande escala de várias células, esteja relaxado em plantas apospóricas (KOLTUNOW, 1993).

EMBRIONIA ADVENTÍCIA

Os embriões adventícios desenvolvem-se a partir de divisões mitóticas de células somáticas do óvulo (principalmente da nucela), integumentos ou da parede do ovário. As células destinadas a se tornarem embriões são morfologicamente distinguíveis do restante das células pelo seu grande núcleo e denso citoplasma (WILMS et al., 1983; BRUCK e WALKER, 1985). Entretanto, estas células são semelhantes à célula-ovo (ou oosfera) no que se refere ao potencial de desenvolvimento, apesar de não serem rodeadas pelo saco embrionário, como no processo sexual ou apomítico apospórico e diplospórico, mas por células da nucela. Portanto, a embrionia gera um esporófito independente da presença de um saco embrionário (KOLTUNOW, 1993). A proliferação desta célula forma uma estrutura semelhante a um botão (BASHAW, 1980). Essa massa de células, que se divide rapidamente, diferencia-se formando um típico embrião, que passará pelos mesmos estágios do desenvolvimento de um embrião zigótico. O resultado final da embrionia adventícia em um óvulo que também foi fertilizado pelo processo sexual normal, é a produção de uma semente poliembriônica.

Segundo BASHAW (1980), a embrionia é um mecanismo comum da apomixia em espécies de *Citrus*, onde os embriões diferenciam-se principalmente da nucela, e devido a isso, é referido como embrionia nucelar. A embrionia também é observada em algumas gramíneas, normalmente, juntamente com a aposporia. Em espécies apomíticas de *Citrus*, processos sexuais e apomíticos podem ocorrer simultaneamente dentro de um mesmo óvulo.

PSEUDOGAMIA E DESENVOLVIMENTO DO EMBRIÃO EM PLANTAS APOMÍTICAS

Apesar do embrião ser formado sem a união dos gametas feminino e masculino em plantas

apomíticas, segundo BASHAW (1980), a polinização é necessária em muitos apomíticos para o desenvolvimento do embrião e do endosperma. Segundo este mesmo autor, este mecanismo não é totalmente compreendido, mas é possível que funcione como um estímulo para a iniciação do desenvolvimento do embrião apomítico, como um requerimento para a maturação do embrião, ou ainda para a formação do endosperma.

Segundo KOLTUNOW (1993), o termo pseudogamia se refere à fusão dos núcleos polares do saco embrionário com o núcleo da célula espermática do gameta masculino para iniciar a formação do endosperma, sem, entretanto, ocorrer a fecundação da oosfera. Com exceção de *Hieracium*, a maioria das espécies apomíticas apospóricas são pseudógamas, ou seja, necessitam da polinização para a formação do endosperma (ASKER, 1979, 1980; NOGLER, 1984; BASHAW e HANNA, 1990). Contagens cromossômicas de células em divisão do endosperma têm confirmado a fertilização dos núcleos polares ou de um núcleo polar em algumas espécies apospóricas. O mecanismo que impede a fertilização da célula-ovo não reduzida não é conhecido em muitas espécies. Em outras, pode ser decorrente da embriogênese já ter iniciado no momento em que a pseudogamia ocorre (NOGLER, 1984), como observado em óvulos de espécies apomíticas de *Poa*, *Paspalum*, *Cenchrus* e outros gêneros de gramíneas. O endosperma, porém, não se desenvolve e o embrião não se diferencia até ocorrer a polinização. Alternativamente, a célula não reduzida pode sintetizar uma parede que age como uma barreira física para a fertilização (SAVIDAN, 1989; ASKER e JERLING, 1992). Em plantas apospóricas, onde pode ocorrer o desenvolvimento de dois ou mais embriões, o endosperma pode se desenvolver em mais de um saco embrionário, mas aparentemente esses se fusionam durante o desenvolvimento e formam um endosperma único na semente madura (KOLTUNOW, 1993).

A produção autônoma (sem polinização) do endosperma é comum entre as plantas apomíticas diplospóricas, principalmente nas Compositae (NOGLER, 1984). Os mecanismos que iniciam a formação autônoma do endosperma não são conhecidos. Endospermas produzidos na ausência de polinização, podem ter níveis de ploidia variáveis em apomíticos diplospóricos, sugerindo que a fusão

dos núcleos polares, não é um pré-requisito para a iniciação da atividade mitótica no endosperma (NOGLER, 1984; RICHARDS, 1986; BASHAW e HANNA, 1990; ASKER e JERLING, 1992). Entretanto, em algumas gramíneas diplospóricas (*Elymus*, *Poa*, *Eragrostis* e *Tripsacum*), a polinização é necessária para a produção do endosperma (BASHAW e HANNA, 1990).

No caso das plantas onde ocorre embrionia adventícia, os embriões apomíticos obtêm nutrientes a partir do endosperma formado no saco embrionário sexual.

INDICADORES E MÉTODOS PARA A IDENTIFICAÇÃO DA APOMIXIA

Segundo BASHAW (1980), a determinação do modo de reprodução de uma espécie ou entidade taxonômica deve ser feito pela combinação de diferentes técnicas: a) análises citológicas da origem e subsequente desenvolvimento do saco embrionário e b) análises de progênie. CLEGG e EPPERSON (1985) citam duas maneiras para determinar o modo de reprodução baseado neste segundo critério: pela observação direta de cruzamentos (cruzamentos em condições controladas) e pela observação da distribuição dos genótipos nas famílias (testes de progênies), e ainda se referem a uma outra metodologia, que consiste na análise da biologia reprodutiva (morfologia floral, observação do comportamento do polinizador e do movimento do pólen). BASHAW (1980) ressalta que nenhum estudo isolado é conclusivo. Isto porque observações citológicas informam o tipo de apomixia, mas não indicam a frequência em que sementes assexuais são formadas em apomíticos facultativos. Ao contrário, as análises de progênie informam sobre a percentagem de indivíduos da progênie idênticos e diferentes da planta-mãe e, por isto, fornecem uma boa estimativa da frequência de apomixia, mas não revelam o mecanismo envolvido (aposporia, diplosporia ou embrionia adventícia).

NAUMOVA (1997) apresenta uma revisão de várias técnicas para a análise da ocorrência de apomixia. A seguir são apresentadas as mais comumente utilizadas.

- Estudos citológicos da megasporogênese e do desenvolvimento do saco embrionário

A análise citológica da formação e desenvolvimento do saco embrionário é o método mais clássico para determinação do modo de

reprodução de uma espécie. Este método tem a vantagem de permitir, na maioria dos casos, distinguir o tipo de apomixia presente. Entretanto, em muitas espécies a distinção entre reprodução sexual e apomítica fica dificultada pela grande semelhança entre os dois processos.

Os sacos embrionários apospóricos normalmente assemelham-se àqueles de espécies sexuais relacionadas referindo-se ao número e arranjo dos núcleos. Uma complicação adicional, é que na aposporia, a substituição do megásporo sexual por um apósporo inicial pode ser rápida e não ser detectada em análises citológicas, o que se torna ainda mais crítico em espécies onde ocorre a diferenciação de somente um saco embrionário apospórico e este apresenta o mesmo padrão de desenvolvimento do saco embrionário sexual (BASHAW, 1980). Entretanto, há a possibilidade de se distinguir entre a célula mãe de megásporo de um apósporo inicial pela posição dos mesmos na nucela, já que a célula mãe de megásporo normalmente possui uma posição definida.

Quando o número de sacos embrionários apospóricos formados é superior a um ou quando este não se assemelha ao saco embrionário sexual, normalmente pela falta das antípodas, a identificação da aposporia é relativamente fácil. Em alguns biótipos de *Paspalum*, a aposporia é facilmente distinguível, pela ausência de antípodas e pela falta de organização dentro do saco embrionário apospórico (BURSON et al., 1991). Em outras espécies, entretanto, para identificar a origem de cada saco embrionário (sexual ou apospórico) é necessário seguir o desenvolvimento de cada um, desde o início de seu desenvolvimento (BASHAW, 1980).

Na embrionia adventícia, não há a formação de sacos embrionários, entretanto um saco embrionário sexual pode se desenvolver no mesmo óvulo. A distinção entre a forma sexual e a assexual de reprodução, nestes casos, é relativamente fácil em estágios iniciais pela análise da presença ou ausência de sacos embrionários.

A identificação da diplosporia é muitas vezes dificultada pelo pequeno tamanho e estágio inicial do óvulo quando ocorre a meiose e também porque não há nenhuma alteração óbvia do saco embrionário ou do padrão de desenvolvimento do embrião. Para detectar a diplosporia, é necessário determinar se a primeira divisão da célula-mãe de megásporo é meiótica ou mitótica. Entretanto, o estágio meiótico

é difícil de ser detectado porque os três membros da tétrade linear do megásporo, próximos à micrópila, normalmente degeneram. Neste caso, é necessário observar óvulos individuais ao longo de todos os estágios de desenvolvimento, desde a diferenciação da célula mãe de megásporo até a formação do embrião maduro, dando atenção especial à presença ou ausência da tétrade linear de megásporos, à degeneração de três dos quatro megásporos durante ou logo após a meiose e à aparência das células nucelares adjacentes.

• Análises de progênie

Segundo BASHAW (1980), a análise de progênie de várias plantas submetidas à polinização aberta pode fornecer informações sobre o modo de reprodução de uma espécie, determinando a ocorrência de reprodução sexual, parcialmente sexual (facultativa) ou assexual. A análise é baseada na ocorrência ou não de segregação gênica, entre os indivíduos irmãos. As características analisadas para avaliar a ocorrência de segregação podem ser morfológicas, bioquímicas (isoenzimas) ou moleculares (DNA). Entre estas, a primeira apresenta uma desvantagem por sofrer grande influência ambiental e por não ser possível diferenciar os indivíduos homozigotos dominantes dos heterozigotos, para a(s) característica(s) em estudo.

A análise eletroforética de isoenzimas tem sido utilizada para determinar o modo de reprodução de diversas entidades taxonômicas (BROWN e ALLARD, 1970; EPPERSON e ALLARD, 1984; CAVALLI-MOLINA et al., 1989; HICKENBICK et al., 1992; AAS et al., 1994; FERREIRA e CAVALLI-MOLINA, 1994; PACE e QUALSET, 1995). Mais recentemente, análises do polimorfismo do DNA, como RAPD (DNA polimórfico amplificado aleatoriamente) e RFLP (polimorfismo de comprimento de fragmentos de restrição), entre outras, têm contribuído para a determinação do modo de reprodução de diferentes espécies de plantas (LEBLANC et al., 1995; ORTIZ et al., 1997; NASSAR et al., 1998).

Na apomixia obrigatória, exceção feita à diplosporia meiótica, toda a progênie é geneticamente idêntica à planta-mãe. Assim, a existência de uma progênie totalmente uniforme exclui a ocorrência de reprodução sexual por fecundação cruzada, e indica a ocorrência de apomixia obrigatória ou de autofecundação. A análise de segregação de marcadores genéticos

codominantes como isoenzimas ou marcadores de polimorfismo de DNA do tipo SSRs (regiões de repetição simples ou microssatélites) e RFLPs permitem a distinção entre estes dois tipos de reprodução, pelo fato de possibilitarem a distinção entre indivíduos homo e heterozigotos, para os locos analisados. Como a autofecundação leva progressivamente a homozigose de todos os locos e a apomixia mantém a heterozigose fixada ao longo das gerações, a análise dos padrões eletroforéticos destes marcadores codominantes permite concluir se a uniformidade observada na progênie é devida à autofecundação, porque todas as plantas são identicamente homozigotas, ou devida à apomixia obrigatória – porque as plantas-irmãs são igualmente homozigotas para alguns locos e igualmente heterozigotas para outros locos.

Além da análise de progênie de plantas femininas submetidas à polinização aberta (como descrito acima), outra evidência de apomixia pode ser obtida através de reprodução controlada, utilizando a técnica de emasculação ou utilizando uma planta macho-estéril para evitar a autofecundação. O aparecimento de F_1 igual à planta-mãe, ao invés de F_1 heterozigota com alelos diferentes dos encontrados na planta-mãe e/ou a ausência de segregação da F_1 heterozigota sugerem apomixia (BASHAW, 1980).

Plantas apomíticas facultativas têm a capacidade de se reproduzirem tanto sexual quanto apomiticamente. Portanto, uma percentagem de seus óvulos possuem sacos embrionários sexuais, contendo células-ovo reduzidas, que podem ser fertilizadas por processos sexuais normais (KOLTUNOW, 1993). Segundo BASHAW (1980), a detecção da apomixia facultativa pode ser considerada mais difícil, mas os mesmos indicadores e princípios são aplicados. Neste caso, não se espera que a progênie seja totalmente uniforme, a não ser que a planta-mãe seja homozigota e se autofecunde. O indicador primário da apomixia facultativa é a presença, entre a progênie, de um número altamente desproporcional de descendentes idêntica à planta-mãe junto com algumas plantas, que são geneticamente diferentes. De um modo geral, a maioria dos apomíticos têm uma tendência a serem facultativos (NOGLER, 1984; ASKER e JERLING, 1992). Entretanto, BASHAW (1980) afirma que, na prática, a grande maioria das plantas apomíticas facultativas comportam-se como apomíticas obrigatórias, pois as baixas taxas de sexualidade e

o fraco vigor dos indivíduos resultantes de reprodução sexual fazem com que a progênie seja homogênea. Há evidências que o grau de obrigatoriedade da apomixia possa ser influenciado por vários fatores externos à planta-mãe, como por exemplo pelo progenitor doador do pólen (FROST e SOOST, 1968; NOGLER, 1984), fotoperíodo e temperatura (KNOX, 1967; McWILLIAM et al., 1978), sais orgânicos (GOUNARIS et al., 1991) e níveis de nutrientes (FROST e SOOST, 1968).

- Análise do número cromossômico e comportamento meiótico

Outros indicadores da apomixia baseiam-se no número cromossômico, no comportamento meiótico e na fertilidade do grupo ou entidade estudada. Segundo MUNTZING (1933), um número cromossômico constante ou uma boa produção de sementes em plantas com grande irregularidade meiótica fornece fortes evidências de apomixia. A fertilidade em plantas com meiose irregular, em triplóides por exemplo, também sugere apomixia.

- Análise da frequência de plântulas gêmeas

A alta percentagem de plântulas gêmeas é indicativa de apomixia por aposporia e de embrionia adventícia, pois nestes casos pode haver a formação de um embrião sexual e um ou mais embriões apospóricos ou nucelares (BASHAW, 1980).

- Análise de marcadores morfogenéticos específicos

Segundo BARCACCIA (1995), em estágios específicos da reprodução das plantas, marcadores morfogenéticos, tal como a calose, podem indicar a ocorrência de reprodução sexual ou assexual. A calose é um componente característico de várias células vegetais, sendo sintetizada e depositada na parede celular (PEEL et al., 1997). KOLTUNOW (1993) cita que, em espécies de reprodução sexual, antes da meiose iniciar, uma parede de calose forma-se em torno de cada célula-mãe de micrósporo na antera e, em torno da célula-mãe de megásporo no óvulo. A razão deste isolamento físico ainda não é claro, mas há uma possibilidade de que a calose protegeria essas células dos sinais da diferenciação somática (WYLIE et al., 1985), como da ação de hormônios ou outros componentes da nucela ou do tapeto, que se difundiriam e interromperiam a meiose (RODKIEWICZ, 1970; BOUMAN, 1984; CARMAN et al., 1991). Numa fase mais adiantada da megasporogênese, somente o megásporo, que originará o saco embrionário do tipo sexual, não é rodeado por calose. Os outros três megásporos, que degeneram, possuem a parede de calose. Assim, a

principal função da calose durante a megasporogênese parece ser a de suprimir o desenvolvimento dos megásporos não funcionais pelo isolamento, assegurando que somente o megásporo funcional participe da megagametogênese (WEBB e GUNNING, 1990). Na microgametogênese, cada micrósporo resultante da meiose mantém a parede de calose, mas esta é em seguida digerida por enzimas sintetizadas pelas células do tapeto, permitindo então que cada célula sofra mitoses para a formação de um grão de pólen. O padrão de deposição de calose, observado em óvulos de espécies sexuais, não ocorre durante a formação de sacos embrionários apomíticos. Em espécies apospóricas, a parede de calose não é observada em torno dos apósporos iniciais (WILLEMSE e NAUMOVA, 1992), o que é consistente pelo fato deles sofrerem mitoses para formar o saco embrionário apospórico. Segundo KOLTUNOW (1993), em espécies apospóricas tais como *Poa*, em que a célula-mãe de megásporo se diferencia na nucela, mas depois degenera, uma parede de calose incompleta é observada ao redor da célula mãe de megásporo.

CARMAN et al. (1991) citam que a célula mãe de megásporo, que originará o saco embrionário diplospórico, também não possui parede de calose.

NAUMOVA (1997) acredita que esta técnica de análise de deposição de calose em torno das células envolvidas, na formação de sacos embrionários seja mais útil para a detecção da diplosporia, já que não há uma total regularidade na ausência de calose em apósporos iniciais (algumas espécies apospóricas apresentam deposição de calose nas paredes dos apósporos iniciais).

- Teste de auxina

MATZK (1991,a) propõe uma técnica rápida para diferenciar oosferas capazes de sofrerem partenogênese [tipo raro de apomixia em que o embrião se desenvolve diretamente do núcleo reduzido da oosfera (BASHAW, 1980)]: o teste de auxina. Este teste é baseado na hipótese de que uma única aplicação de auxina sintética na inflorescência, poucos dias antes da antese, induz a oosfera a se desenvolver sem fertilização. Nas sementes desenvolvidas, induzidas por auxina, o endosperma está ausente devido à falta de fertilização. O autor salienta que a oosfera, que consegue se desenvolver sem fertilização, possui a capacidade de reprodução assexual. Em oposto, a cariopse induzida será vazia

no caso da oosfera não responder ao estímulo da auxina, mostrando uma incapacidade do genótipo de seguir a rota assexual de reprodução. Segundo MATZK (1991,a), é razoável pensar que a frequência de partenogênese possa fornecer uma estimativa do potencial assexual do genótipo, já que ela é um dos passos na produção assexual da semente. MAZZUCATO et al. (1996) utilizaram o teste de auxina para avaliar a frequência de partenogênese, e indiretamente estimar o potencial apomítico, de oito genótipos de *Poa pratensis* e compararam esta técnica com métodos alternativos, como análises de saco embrionário e testes de progênie utilizando características morfológicas e isoenzimáticas, concluindo que o teste de auxina é um método eficiente, para avaliar a ocorrência de apomixia em programas de melhoramento.

GENÉTICA DA APOMIXIA

A apomixia não é um processo estimulado aleatoriamente por fatores nutricionais e ambientais. Ao contrário, tem sido mostrado que a capacidade de se reproduzir apomiticamente é geneticamente controlada, o que é de grande importância para o melhoramento de espécies apomíticas, pois possibilita a manipulação deste modo de reprodução em programas de melhoramento. O procedimento empregado, para determinação do controle genético da apomixia, tem sido o cruzamento de plantas apomíticas com plantas sexuais relacionadas, observando-se o modo de reprodução das gerações F_1 e F_2 e de retrocruzamentos (ASKER, 1979). A planta apomítica, nestes casos, é utilizada como doadora de pólen, já que, via de regra, produz gametas masculinos normalmente reduzidos.

Estudos conduzidos em diferentes espécies têm indicado que este modo de reprodução é controlado por poucos genes: um único gene dominante nas espécies apospóricas *Pennisetum*, *Panicum* e *Ranunculus* (ASKER e JERLING, 1992), um gene na espécie apospórica facultativa *Poa pratensis* L. (BARCACCIA et al., 1998), dois genes com interações epistáticas na apospórica *Cenchrus cilliales* (TALIAFERRO e BASHAW, 1966), três genes recessivos em *Parthenium argentatum* (POWERS, 1945), um gene dominante controlando a apomixia e genes reguladores, determinando a expressão facultativa deste modo de reprodução no biótipo anteras roxas de *Paspalum dilatatum* (BURSON, 1991, 1992).

ARTHUR et al. (1993) isolaram um mutante recessivo (fs = fêmea estéril) em *Pennisetum glaucum*, induzido por radiação (HANNA e POWELL, 1974). A ausência de tecido sexual no quinto dia após a polinização e a presença de sacos embrionários apospóricos sugerem que o gene fs representa um possível passo no processo desenvolvimental apospórico.

Muito pouco é conhecido em relação à herança da diplosporia, onde os mecanismos para o desenvolvimento de um embrião apomítico, são totalmente diferentes da aposporia. Neste caso, a meiose é de algum modo reprimida e a célula-mãe de megásporo não reduzida é estimulada a formar um saco embrionário por divisões mitóticas. Segundo BASHAW (1980), os poucos dados existentes sugerem uma herança simples para o controle da diplosporia. Em *Taraxacum*, MOGIE (1988) sugere a existência de um único loco e propõe um modelo, onde o gene responsável pela diplosporia seria um gene sexual mutado, que impediria a redução meiótica. Estudos de mutagenese em espécies sexuais de *Arabidopsis* têm mostrado que é possível induzir eventos similares a algumas etapas do processo apomítico (CHAUDHURY e PEACOCK, 1994; CHAUDHURY et al., 1997; OHAD et al., 1996).

A embrionia nucelar em *Citrus* parece ser controlado por um loco dominante, segundo PARLEVLIET e CAMERON (1959) e IWAMASA et al. (1967), ou por um ou dois genes, de acordo com CAMERON e SOOST (1980).

Entretanto, GRIMANELLI et al. (1998) sugerem que o modelo de herança monogênica para a apomixia necessita de mais análises: qualquer que seja o número de genes envolvidos, eles podem comportar-se como um loco único por formarem um grupo de ligação. Os dados obtidos por estes autores em *Tripsacum*, uma espécie diplospórica, não fornecem provas da existência de vários genes, mas sugerem a possibilidade de um grupo de ligação co-adaptado. Então, segundo estes autores, análises de segregação convencional em apomíticos não é suficiente para concluir que o modelo de um único gene esteja correto.

Como a maioria das plantas poliplóides são apomíticas, THOMPSON e LUMARET (1992) sugerem que esta estreita relação pode ser devida a diferentes efeitos genéticos, como o efeito de dosagem do gene. Assim, quanto mais alto o nível de ploidia da planta mais cópias do(s) gene(s)

responsável(eis) pela apomixia existirão e maior será a probabilidade da mesma ser apomítica.

Segundo KOLTUNOW (1993), em espécies apomíticas, o(s) gene(s) responsável(is) pela apomixia iniciariam a formação do megagametófito (saco embrionário) mitótico e o desenvolvimento autônomo do embrião e do endosperma. Uma vez que estes eventos sejam iniciados na nucela, os passos subsequentes ocorreriam através dos mesmos processos, que ocorrem durante a reprodução sexual. Ou seja, após o(s) gene(s) apomítico(s) ter(em) iniciado o desenvolvimento do embrião sem fertilização, os genes que controlam a formação do embrião, sua estrutura e padrão de formação são provavelmente os mesmos necessários para o desenvolvimento do embrião sexual. A expressão regional e/ou célula-específica dos genes apomíticos e sexuais em células da nucela determinariam se ocorreriam os processos sexuais, apomíticos ou ambos. O mesmo autor apresenta diferentes modelos de controle genético para a apomixia, entre eles o modelo de PEACOCK (1992), que sugere um modelo de ação de um gene dominante em espécies apospóricas. Nesse modelo, o produto do gene apomítico é considerado como um componente normal da maturação sexual, sendo provavelmente um ativador transcricional, que normalmente se liga ao(s) promotor(es) de gene(s) que age(m) precocemente, e que leva(m) a formação de uma cascata desenvolvimental necessária para a formação do saco embrionário. Em sistemas sexuais, esse gene indutor de formação do saco embrionário seria normalmente expresso no megásporo após a meiose. A aposporia resultaria então, da expressão precoce daquela proteína ou de sua expressão num grupo de células nucelares, nas quais não seria normalmente expressa em sistemas sexuais. Cada uma dessas células responderia ao fator de transcrição para produzir um saco embrionário não reduzido. Entretanto, KOLTUNOW (1993) afirma que esse modelo é vago, não explicando como se formam o embrião e o endosperma. De qualquer modo, SHISHKINSKAYA (1995) enfatiza que o controle da apomixia é realizado em nível de processos regulatórios da expressão gênica. Assim, o controle seria mais complexo e incluiria, por um lado, genes reguladores e estruturais em comum com a reprodução sexual e, por outro lado, genes específicos da apomixia.

Até o momento os genes envolvidos na apomixia não foram isolados, só seus produtos é

que foram identificados, mas suas funções permanecem desconhecidas. Nenhuma hipótese a respeito da natureza do produto de um gene apomítico e, do seu modo de ação explicam satisfatoriamente como poucos genes dominantes são necessários para levar à formação do megagametófito por mitose e à formação do embrião e do endosperma sem fertilização (KOLTUNOW, 1993).

Embora hajam controvérsias, os dados disponíveis sugerem que a apomixia é controlada por poucos genes, mas os efeitos destes genes são profundos: eles direcionam uma célula somática a formar um saco embrionário sem meiose e à formação do embrião e do endosperma sem fertilização. O fato da apomixia ter uma base genética simples é uma vantagem pois, facilita a sua manipulação em nível de melhoramento genético.

A APOMIXIA E O MELHORAMENTO

Uma das principais vantagens da apomixia é possibilitar a imediata fixação de qualquer genótipo superior, selecionado no processo de melhoramento, permitindo que o mesmo origine plantas idênticas, independente do seu grau de heterozigose (KOLTUNOW et al., 1995). O melhoramento de plantas apomíticas pode ser realizado através de cruzamentos entre uma espécie apomítica e outra espécie sexual relacionada. Em espécies apomíticas nas quais existem ecótipos ou biótipos sexuais, o processo é facilitado, promovendo-se o cruzamento entre o biótipo apomítico superior (doador do pólen) e o biótipo sexual. As plantas apomíticas obrigatórias selecionadas a cada geração, representariam novos cultivares. No caso de plantas com apomixia facultativa, os esforços devem ser concentrados no sentido de aumentar a frequência da apomixia pelo intercruzamento das plantas, com níveis mais altos de apomixia.

As mesmas vantagens da apomixia podem ser obtidas, através da propagação vegetativa de um genótipo superior. Entretanto, a propagação vegetativa favorece o acúmulo de doenças bacterianas e virais, que reduzem a produtividade e podem levar à extinção de genótipos superiores. Em batata, por exemplo, a utilização da apomixia apresentaria a vantagem de combinar a uniformidade com a "filtragem" de vírus (HERMSEN, 1980). Além disto, HANNA (1995) salienta que a propagação de um genótipo, via semente, por

apomixia, reduz grandemente a estocagem, o transporte e os custos de plantio, quando comparados com a propagação vegetativa.

Entretanto, apesar das vantagens da apomixia, ela pode representar um entrave no melhoramento de espécies apomíticas. Em *Poa pratensis*, por exemplo, a baixa frequência de hibridação entre biótipos, decorrente da maioria ser apomítico, torna ineficiente as tentativas de melhoramento, sendo que há grande esforço no intuito de se superar a apomixia desta espécie (MATZK, 1991, b). Já no caso da apomixia facultativa, a desvantagem está na falta de estabilidade do cultivar e na influência do polinizador e das condições ambientais sobre o modo de reprodução predominante, o que torna mais imprevisível o comportamento reprodutivo da planta (ASKER, 1979).

Do mesmo modo que a apomixia pode facilitar o melhoramento de espécies que apresentam este modo de reprodução, esta também pode facilitar o melhoramento de espécies sexuais pela incorporação da apomixia. Por isso, em várias culturas de importância econômica, esforços têm sido concentrados no sentido de introduzir a apomixia na espécie de interesse. Primeiramente, o mais lógico seria descobrir, se esta característica já não está disponível no conjunto gênico da espécie de interesse (em outras raças ou populações, por exemplo). Se este não for o caso, então o procedimento deve ser a transferência da apomixia, através de cruzamentos com uma espécie relacionada que apresente este modo de reprodução. O sucesso da transferência depende de vários fatores, como a distância genética entre as espécies, diferentes níveis de ploidia, etc. No caso de não haver possibilidade de transferência da apomixia por cruzamentos, há a possibilidade de introduzi-la através da indução de mutações ou por engenharia genética (ASKER e JERLING, 1992). Em cevada e em batata, por exemplo, onde não se conhece nenhum parente apomítico, BOTHMER et al. (1988) sugerem a possibilidade de obtenção de plantas apomíticas através da indução de mutações. HU et al. (1991) discutem a utilização da indução química da apomixia em diferentes espécies vegetais, como o milho e a batata.

Devido ao grande interesse na transferência da apomixia para diferentes culturas, tem se procurado mapear o(s) gene(s) envolvido(s) na apomixia em diferentes espécies (GRIMANELLI et al., 1995; GRIMANELLI et al., 1998; PERSSON e NYBOM, 1998; PESSINO et al., 1998; CHEN et al., 1999).

A descoberta de marcadores moleculares associados ao(s) gene(s) de apomixia facilitaria não só a transferência deste(s) gene(s), como também o acompanhamento da segregação desta característica nas gerações seguintes.

CONCLUSÕES

A apomixia tem obtido grande atenção nos últimos anos. Este fato é devido principalmente ao melhor entendimento deste tipo de reprodução, de seus mecanismos e de sua genética, o que facilita a manipulação desta característica no melhoramento de plantas.

O fato de processos sexuais e apomíticos coexistirem dentro de um mesmo óvulo e entre óvulos de um mesmo indivíduo indica que a sexualidade e a apomixia não são modos de reprodução mutualmente exclusivos. Por isso, KOLTUNOW (1993) acredita que apomíticos não se originam simplesmente através de combinações de mutações do processo sexual. Ou seja, a apomixia e a sexualidade podem ser fenômenos simultâneos ou interdependentes. Atualmente, acredita-se que a apomixia e a sexualidade existam em um estado de balanço em plantas apomíticas. Entretanto, ainda há muitas controvérsias quanto ao seu controle genético. Os trabalhos realizados, até o momento, mostram que a genética desta característica pode diferir entre espécies, principalmente em relação ao número de genes envolvidos. A maioria dos trabalhos cita esta característica como sendo de herança simples (um ou dois genes dominantes), mas há autores que apoiam modelos de grupos de ligação ou que seu controle ocorreria em nível de processos regulatórios da expressão gênica, o que acarretariam um controle mais complexo. Enfim, isso indica a necessidade de estudos deste modo de reprodução, em diferentes espécies, a fim de facilitar o entendimento deste processo e proporcionar a sua utilização em programas de melhoramento genético.

BIBLIOGRAFIA CITADA:

- AAS, G.; MAIER, J.; BALTISBERGER, M.; MEETZGER, S. Morphology, isozyme variation, cytology, and reproduction of híbrids between *Sorbus aria* (L) Crantz and *S. torminalis* (L) Crantz. *Botanica Helvetica*, Basel, v. 104, p.195-214, 1994.
- ARTHUR, L.; OZIAS-AKINS, P.; HANNA, W.W. Female sterile mutant in pearl millet: evidence for initiation of apospory. *The Journal of Heredity*,

- New York, v. 84, p.112-115, 1993.
- ASKER, S. Progress in apomixis research. **Hereditas**, Landskrona, v. 91, p. 231-240, 1979.
- ASKER, S. Gametophytic apomixis: elements and genetic regulation. **Hereditas**, Landskrona, v. 93, p.277-293, 1980.
- ASKER, S.; JERLING, L. **Apomixis in plants**. Boca Raton: CRC Press, 1992. 298p.
- BARCACCIA, G. Callose localization in cell walls in meiotic and apomeiotic megasporogenesis in diploid alfafa. **Apomixis Newsletter**, Paris, n.8, p.34-35, 1995.
- BARCACCIA, G.; MAZZUCATO, A.; ALBERTINI, E.; ZETHOF, J.; GERATS, A.; PEZZOTI, M.; FALCINELLI, M. Inheritance of parthenogenesis in *Poa pratensis* L.: auxin test and AFLP linkage analyses support monogenic control. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 97, p.74-82, 1998.
- BASHAW, E.C. Apomixis and sexuality in buffelgrass. **Crop Science**, Madison, v. 2, p.412-415, 1962.
- BASHAW, E.C. Apomixis and its application in crop improvement. In: FEHR, W.R.; HADLEY, H.H. **Hybridization of Crop Plants**. Madison: American Society of Agronomy, 1980. Cap. 3, p.45-63.
- BASHAW, E.C.; HANNA, W.W. Apomitic reproduction. In: CHAPMAN, G.P. **Reproductive versatility in the grasses**. Cambridge: Cambridge University Press, 1990. p.100-130.
- BOUMAN, F. The ovule. In: JOHRI, B.M. **Embryology of Angiosperms**. Berlin: Springer-Verlag, 1984. p.123-157.
- BOTHMER, R. von; BENGTTSSON, M.; FLINK, J.; LINDE-LAURSEN, I. Complex interspecific hybridization in barley (*Hordeum vulgare* L.) and the possible occurrence of apomixis. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 76, p.681-690, 1988.
- BROWN, A.D.H.; ALLARD, R.W. Estimation of the mating system in open-pollinated maize populations using isozyme polymorphisms. **Genetics**, Baltimore, v.66, p.133-145, 1970.
- BRUCK, D.K.; WALKER, D.B. Cell determination during embryogenesis in *Citrus jarmbhiri*. I. Ontogeny of the epidermis. **Botanical Gazette**, Chicago, v. 146, p.188-195, 1985.
- BURSON, B.L. Genome relationships between tetraploid and hexaploid biotypes of dallisgrass, *Paspalum dilatatum*. **Botanical Gazette**, Chicago, v. 152, p.219-223, 1991.
- BURSON, B.L. Apomixis in *Paspalum*. In: APOMIXIS WORKSHOP, 1992, Atlanta. **Proceedings...** Atlanta: US Department of Agriculture - Agriculture Research Service, 1992. p.11-12.
- BURSON, B.L.; VOIGT, P.W.; EVERS, G.W. Cytology, reproductive behavior and forage potential of hexaploid dallisgrass biotypes. **Crop Science**, Madison, v. 31, p.636-641, 1991.
- CAMERON, J.W.; SOOST, R.K. Mono- and polyembryony among tetraploid *Citrus* hybrids. **Hortscience**, Alexandria, v. 15, p.730-731, 1980.
- CARMAN, J.G.; CRANE, C.F.; RIERA-LIZARAZU, O. Comparative histology of cell walls during meiotic and apomeiotic megasporogenesis in two hexaploid Australian *Elymus* species. **Crop Science**, Madison, v. 31, p.1527-1532, 1991.
- CAVALLI-MOLINA, S.; MOTTA, V.E.P.; SCHIENGOLD, M.; WINGE, H. Identical isoenzyme patterns in sib plants of *Relbunium hypocarpium* (Rubiaceae). **Brazilian Journal of Genetics**, Ribeirão Preto, v. 12, p.361-368, 1989.
- CHAUDHURY, A.M.; PEACOCK, J.W. Isolating apomictic mutants in *Arabidopsis thaliana*: prospects and progress. In: KHUSH, G.S. **Apomixis: exploiting hybrid vigour in rice**. Los Banos: International Rice Research Institute, 1994. p.66-71.
- CHAUDHURY, A.M.; LUO, M.; MILLER, C.; GRAIG, S.; DENNIS, S.E.; PEACOCK, W.J. Fertilization-independent seed development in *Arabidopsis thaliana*. **Proceedings of the National Academy of Sciences of United States of America**, Washington, v. 94, p.4223-4228, 1997.
- CHEN, L.Z.; MIYAZAKI, C.; KOJIMA, A.; SAITO, A.; ADACHI, T. Isolation and characterization of a gene expressed during early embryo sac development in apomictic guinea grass (*Panicum maximum*). **Journal of Plant Physiology**, Stuttgart, v. 154, p.55-62, 1999.
- CLEGG, M.T.; EPPERSON, B.K. Recent developments in population genetics. **Advanced Genetics**, San Diego, v. 23, p.235-269, 1985.
- DARLINGTON, C.D. **The evolution of genetic systems**. Cambridge: University Press, 1939, 149p.
- EPPERSON, B.K.; ALLARD, R.W. Allozyme analysis of the mating system in lodgepole pine populations. **The Journal of Heredity**, New York, v. 75, p.212-214, 1984.
- FERREIRA, C.A.S.; CAVALLI-MOLINA, S. Self-fertilization and absence of heterozygotes in *Hordeum euclaston* (Gramineae). **Brazilian Journal of Genetics**, Ribeirão Preto, v. 17, p.89-95, 1994.
- FROST, H.B.; SOOST, R.K. Seed reproduction development of gametes and embryos. In: REUTHER, W.; BATCHELOR, L.D.; WEBBER, H.J. **The Citrus Industry**, v.II. Berkeley: University of California Press, 1968. p.290-324.
- GOUNARIS, E.K.; SHERWOOD, R.T.; GOUNARIS, I.; HAMILTON, R.H.; GUSTINE, D.L. Inorganic salts modify embryo sac development in sexual and aposporous *Cenchrus ciliaris*. **Sexual Plant Reproduction**, Heidelberg, v. 4, p.188-192, 1991.

- GRIMANELLI, D.; LEBLANC, O.; GONZÁLES-de-LEÓN, D.; SAVIDAN, Y. Mapping apomixis in tetraploid *Tripsacum*, preliminary results. **Apomixis Newsletter**, Paris, n.8, p.33-39, 1995.
- GRIMANELLI, D.; LEBLANC, O.; ESPINOSA, E.; PEROTTI, E.; GONZÁLES-de-LEÓN, D.; SAVIDAN, Y. Mapping diplosporous apomixis in tetraploid *Tripsacum*: one gene or several genes? **Heredity**, Harlow, v. 80, p.40-47, 1998.
- HANNA, W.W. Use of apomixis in cultivar development. **Advances in Agronomy**, v. 54, p.333-350, 1995.
- HANNA, W.W.; BASHAW, E.C. Apomixis: its identification and use in plant breeding. **Crop Science**, Madison, v. 27, p.1136-1139, 1987.
- HANNA, W.W.; POWELL, J.B. Stubby head, an induced facultative apomictic in pearl millet. **Crop Science**, Madison, v. 13, p.726-728, 1973.
- HANNA, W.W.; POWELL, J.B. Radiation-induced female-sterile mutant in pearl millet. **The Journal of Heredity**, New York, v. 65, p.247-249, 1974.
- HANNA, W.W.; POWELL, J.B.; MILLOT, J.C.; BURTON, G.W. Cytology of obligate sexual plants in *Panicum maximum* Jacq. and their use in controlled hybrids. **Crop Science**, Madison, v. 13, p.695-697, 1973.
- HERMSEN, J.G. Breeding for apomixis in potato: pursuing an utopian scheme. **Euphytica**, Dordrecht, v. 29, p.595-607, 1980.
- HICKENBICK, M.C.M.; FLORES, P.F.; CAVALLI-MOLINA, S.; WEBER, L.H.; KERSTING, A.C.O.; COSTA, L.S.; SOUZA-CHIES, T.T. de; ALBARUS, M.H. Mode of reproduction and seed production in *Paspalum dilatatum* Poir Virasoro biotype - Dilatata Group (Gramineae). **Brazilian Journal of Genetics**, Ribeirão Preto, v. 15, p.85-102, 1992.
- HU, G.; LIANG, G.H.; WASSOM, C.E. Chemical induction of apomictic seed formation in maize. **Euphytica**, Dordrecht, v. 56, p.97-105, 1991.
- IWAMASA, M.; UENO, I.; NISHIURA, M. Inheritance of nucellar embryony in *Citrus*. **Bulletin Horticultural Research Station Ser. B**, Shiguoka, v. 7, p.1-8, 1967.
- KNOX, R.B. Apomixis: seasonal and population differences in a grass. **Science**, Washington, v. 157, p.325-326, 1967.
- KOLTUNOW, A.M. Apomixis: embryo sacs and embryos formed without meiosis or fertilization in ovules. **The Plant Cell**, Baltimore, v. 5, p.1425-1437, 1993.
- KOLTUNOW, A.M.; BICKNELL, R.A.; CHAUDHURY, A.M. Apomixis: molecular strategies for the generation of genetically identical seeds without fertilization. **Journal of Plant Physiology**, Stuttgart, v. 108, p.1345-1352, 1995.
- LEBLANC, O.; GRIMANELLI, D.; GONZÁLES-de-LEÓN, D.; SAVIDAN, Y. Detection of the apomictic mode of reproduction in maize -*Tripsacum* hybrids using maize RFLP markers. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 90, p.1198-1203, 1995.
- MATZK, F. A novel approach to differentiate embryos in the absence of endosperm. **Sexual Plant Reproduction**, Heidelberg, v. 4, p.88-94, 1991a.
- MATZK, F. New efforts to overcome apomixis in *Poa pratensis* L. **Euphytica**, Dordrecht, v. 55, p.65-72, 1991b.
- MAZZUCATO, A.; den NIJS, A.P.M.; FALCINELLI, M. Estimation of parthenogenesis frequency in Kentucky bluegrass with auxin-induced parthenocarpic seeds. **Crop Science**, Madison, v. 36, p.9-16, 1996.
- McWILLIAM, J.R.; SHANKER, K.; KNOX, R.B. Effects of temperature and photoperiod on growth and reproductive development in *Hyparrhenia hirta*. **Australian Journal of Agricultural Research**, Melbourne, v. 21, p.557-569, 1978.
- MOGIE, M. A model for the evolution and control of generative apomixis. **Biological Journal of the Linnean Society**, London, v. 35, p.127-154, 1988.
- MUNTZING, A. Apomictic and sexual seed formation in *Poa*. **Hereditas**, Landskrona, v. 26, p.115-190, 1933.
- NASSAR, N.M.A.; VIEIRA, M.A.; VIEIRA, C.; GRATTAPAGLIA, D. Molecular and embryonic evidence of apomixis in cassava interspecific hybrids (*Manihot* ssp.). **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v. 78, p.349-352, 1998.
- NAUMOVA, T.N. Apomixis in tropical fodder crops: cytological and functional aspects. **Euphytica**, Dordrecht, v. 96, p.93-99, 1997.
- NOGLER, G.A. Gametophytic apomixis. In: JOHRI, B.M. **Embryology of angiosperms**. Berlin: Springer-Verlag, 1984. p.475-519.
- OHAD, N.; MARGOSSIAN, L.; HSU, Y.C.; WILLIAMS, C.; REPETH, P.; FISHER, R.L. A mutation that allows endosperm development without fertilization. **Proceedings of the National Academy of Sciences of United States of America**, Washington, v. 93, p.5319-5324, 1996.
- ORTIZ, J.P.A.; PESSINO, S.C.; LEBLANC, O.; HAYWARD, M.D.; QUARÍN, C.L. Genetic fingerprinting for determining the mode of reproduction in *Paspalum notatum*, a subtropical apomictic forage grass. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 95, p.850-856, 1997.
- PACE, C.D.; QUALSET, C.O. Mating system and genetic differentiation in *Dasypyrum villosum* (Poaceae) in Italy. **Plant Systematics and Evolution**, Vienna, v. 197, p.123-147, 1995.
- PARLEVLIET, J.E.; CAMERON, J.W. Evidence on inheritance of nucellar embryony in *Citrus*. **Proceedings of the American Society**

- Horticultural Science**, Alexandria, v. 74, p.252-260, 1959.
- PEACOCK, W.J. Genetic engineering and mutagenesis for apomixis in rice. **Apomixis Newsletter**, Paris, v. 4, p.3-7, 1992.
- PEEL, M.D.; CARMAN, J.G.; LEBLANC, O. Megasporeocyte callose in apomictic buffelgrass, Kentucky bluegrass, *Pennisetum squamulatum* Fresen, *Tripsacum* L., and weeping lovegrass. **Crop Science**, Madison, v. 37, p.724-732, 1997.
- PERSSON, H.A.; NYBOM, H. Genetic sex determination and RAPD marker segregation in the dioecious species sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.). **Hereditas**, Landskrona, v.129, p.45-51, 1998.
- PESSINO, S.C.; EVANS, C.; ORTIZ, J.P.A.; ARMSTEAD, I.; VALLE, C.B. do, HAYWARD, M.D. A genetic map of the apospory-region in *Brachiaria* hybrids: identification of two markers closely associated with the trait. **Hereditas**, Landskrona, v. 128, p.153-158, 1998.
- POWERS, L. Fertilization without reduction in guayule (*Parthenium argentatum* Gray) and a hypothesis as to the evolution of apomixis and polyploidy. **Genetics**, Baltimore, v. 30, p.323-346, 1945.
- RICHARDS, A.J. **Plant Breeding Systems**. London: George, 1986, p.403-456.
- RODKIEWICZ, B. Callose in cell walls during megasporogenesis in angiosperms. **Planta**, Heidelberg, v. 93, p.39-47, 1970.
- SAVIDAN, Y.H. Another working hypothesis for the control of parthenogenesis in *Panicum maximum*: The egg cell wall completion hypothesis. **Apomixis Newsletter**, Paris, n.1, p.47-51, 1989.
- SHISHKINSKAYA, N.A. Some results of apomixis investigation in cereals. **Apomixis Newsletter**, Paris, n.8, p.21, 22, 1995.
- TALIAFERRO, C.M.; BASHAW, E.C. Inheritance and control of obligate apomixis in breeding buffelgrass, *Pennisetum ciliare*. **Crop Science**, Madison, v. 6, p.473-476, 1966.
- THOMPSON, J.D.; LUMARET, R. The evolutionary dynamics of poliploid plants: origins, establishment and persistence. **Evolution**, Lawrence, v. 7, p.302-306, 1992.
- WEBB, M.C.; GUNNING, B.E.S. Embryo sac development in *Arabidopsis thaliana*. **Sexual Plant Reproduction**, Heidelberg, v. 3, p.244-256, 1990.
- WILLEMSE, M.T.M.; NAUMOVA, T. Apomitic genes and seed plant reproduction. **Apomixis Newsletter**, Paris, n.5, p.19-32, 1992.
- WILMS, H.J.; van WENT, J.L.; CRESTI, M.; CIAMPOLINI, F. Adventive embryogenesis in *Citrus*. **Caryologia**, Florence, v.36, p.65-78, 1983.
- WYLIE, C.C.; HEASMAN, J.; SNAPE, A.; O'DRISCOLL, M.; HOLWILL, S. Primordial germ cells of *Xenopus laevis* are not irreversibly determined early in development. **Developmental Biology**, Duluth, v. 112, p.66-72, 1985.

INSTRUÇÕES AOS AUTORES

A revista **PESQUISA AGROPECUÁRIA GAÚCHA** aceita, para publicação, artigos técnico-científicos, revisões e relatos de caso de interesse agropecuário, inéditos, ainda não encaminhados a outra revista para o mesmo fim. Excetuam-se trabalhos apresentados em congressos ou outros eventos na forma de resumos, bem como resultados de dissertações, teses, ou apresentados de forma sucinta em relatórios, informes, etc. As opiniões e conceitos emitidos nos trabalhos são de inteira responsabilidade dos autores. Todavia, a Comissão Editorial, junto à Assessoria Científica, reserva-se o direito de sugerir ou solicitar modificações. Os artigos poderão ser escritos em português, espanhol ou inglês, mas devem conter um resumo em português e em inglês.

O artigo deverá ser encaminhado à Comissão Editorial da FEPAGRO em três vias (original e duas cópias), acompanhado de ofício assinado pelos autores. As páginas do original devem ser numeradas e rubricadas por todos os autores (margem inferior direita). **Nas cópias, omitir o nome dos autores e notas de rodapé, para serem enviadas aos assessores. O artigo deverá ser redigido em fonte Times New Roman, 12**, numa só face de papel tamanho A4 (21,0 x 29,7 cm), com espaço duplo, margem direita e esquerda de 3,0 cm, para permitir anotações.

No caso de aceitação do artigo, após ser analisado pela Assessoria Científica e pela Comissão Editorial, o mesmo deverá ser encaminhado, na versão final, em disquete 3.5", acompanhado de uma via impressa em papel. Utilizar processador de texto **WORD/Windows** e editores gráficos compatíveis, como o Excel e Corel.

Para cada artigo publicado serão enviadas, gratuitamente, 50 separatas ao primeiro autor, que se encarregará de distribuir aos demais autores.

Os autores deverão enviar endereço completo para correspondência, juntamente com número de fax/telefone ou E-mail para comunicação mais rápida.

NORMAS PARA PUBLICAÇÃO

1. Padronizar os trabalhos utilizando códigos de nomenclatura reconhecidos internacionalmente. Os nomes científicos e outros latinos deverão ser escritos em itálico. Adotar a nomenclatura binomial completa, tanto no resumo, como no abstract, ou a primeira vez que for citado no texto. Os nomes de cultivares agrônomicas e hortícolas serão escritos entre aspas simples, quando não estiver precedido da palavra cultivar. Escrever em **negrito** o que se desejar destacar (ou sublinhar).
2. Usar somente abreviações de unidades do Sistema Internacional (SI). As abreviações não convencionais devem ser explicadas, quando aparecem pela primeira vez no texto.
3. Separar os valores das unidades de medida por um espaço (35 kg). Usar a barra diagonal (25 kg/ha; 25 kg/m²/s) em lugar de expoentes negativos.
4. Os números devem ser em algarismos arábicos para medidas exatas, séries de quantidades e em apresentações estatísticas. Onde a fluência do texto exigir, se escreverá por extenso. Escrever números de quatro algarismos sem espaço ou ponto (2000). Em números de cinco ou mais algarismos, usar espaço (20 000). Em tabelas, os números de quatro dígitos terão um espaço para se alinhar com os de cinco dígitos.
5. Utilizar símbolos para os elementos e compostos químicos, quando apropriados, especialmente se houver muita repetição.
6. Usar nomes comuns de princípios ativos e formulações químicas em vez de nomes comerciais, que, se usados, deverão ser identificados como tais e em nota de rodapé salientar que a Fepagro e os autores não estão recomendando o produto.

FORMATO DO TEXTO

TÍTULO: Deve ser claro, breve e conciso, informando o conteúdo do trabalho. Apresentá-lo em

MAIÚSCULAS e negrito, sem ponto final e centrado. Poderá ser seguido do número ¹ (um) para chamada de rodapé.

AUTORES: Iniciando na margem esquerda, com espaço de uma linha abaixo do título, os nomes serão escritos em MAIÚSCULAS, por extenso e em sequência, separados por vírgula e com numeração sobrescrita para identificar, no rodapé, sua profissão, grau de especialização, instituição a que pertence e endereço.

RESUMO: Deve ser suficientemente informativo para que o leitor identifique o conteúdo e interesse do trabalho. Não deverá ultrapassar 150 palavras e será escrito num só parágrafo. Deixar espaço de duas linhas abaixo dos autores.

Palavras-chave: Logo após o resumo, com espaço de uma linha, indicar palavras adicionais para indexação – não utilizar palavras já contidas no título. As palavras, sugeridas pelo(s) autor(es), poderão ser modificadas de acordo com as indicações do THESAGRO, através da revisão pelo Serviço de Documentação e Informação da Fepagro.

ABSTRACT: Antes do Abstract, colocar a versão de título em inglês, centrado. O abstract deverá ser escrito de forma correta. (Sugere-se sua revisão por pessoa que conheça bem o idioma).

Key words: Colocar as equivalentes das indicadas em português.

O texto principal constará dos seguintes tópicos: INTRODUÇÃO, MATERIAL E MÉTODOS, RESULTADOS E DISCUSSÃO, CONCLUSÕES e BIBLIOGRAFIA CITADA. Os agradecimentos, quando necessários, serão apresentados no final, devendo ser sucintos. Os títulos serão centrados.

INTRODUÇÃO: Constará de revisão de literatura e incluirá os objetivos do trabalho.

As citações de autores no texto deverão ser feitas da seguinte forma: (SILVA, 1995); (SILVA e BASTOS, 1984); mais de dois, (SILVA et al., 1996); se for citado mais de um trabalho, separam-se por ponto e vírgula (SILVA e BASTOS, 1994; SILVA et al., 1994; ROSSER e MASTER, 1996a; ROSSER e MASTER, 1996b).

Quando se fizer referência no texto ao(s) autor(es), ou iniciar a frase mencionando-o(s), somente o ano ficará entre parênteses. Ex: "SILVA (1993) estudou ...".

Evitar o uso de CORREA (1975) citado por SILVA (1995).

MATERIAL E MÉTODOS: Descrever a tecnologia empregada no trabalho, o local onde foi conduzido, descrição das análises estatísticas empregadas, etc. O local de execução deverá ser escrito por extenso, quando aparecer pela primeira vez.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Apresentar em conjunto. As tabelas e figuras devem ser numeradas de forma independente, com números arábicos e serão incluídas no texto. Caso não seja possível, o autor deverá assinalar onde deseja que as coloquem, mediante uma anotação em espaço entre dois parágrafos.

TABELAS: Terão o título acima, escrito em negrito, sem ponto final e apresentado de forma concisa e explicativa: **TABELA 1 - ...** Usar **Fonte 10** tanto no título como nos dados da tabela. Ao pé das Tabelas poderão constar notas explicativas em **Fonte 9**.

FIGURAS: Incluem gráficos, mapas, fotos e desenhos e terão o título abaixo das mesmas, escrito em negrito, sem ponto final: **FIGURA 1 - ...** Usar **Fonte 10**. Ao pé das Figuras, acima do título, poderão constar notas explicativas (**Fonte 9**).

Caso não seja possível a incorporação dentro do texto, as figuras devem ser preparadas, em ordem de

preferência, por impressora de computador a laser ou jato de tinta; em papel branco com tinta preta; ou papel vegetal com nanquim. Fotografias em preto e branco serão em papel com brilho, bem contrastadas e devem ser identificadas no verso. Poderão ser aceitas fotos, slides e gráficos coloridos, quando indispensáveis. Neste caso, será cobrada uma taxa do(s) autor(es), segundo orçamento da gráfica.

Para a impressão, as figuras ou fotos, apresentadas em separado do texto, poderão ser reduzidas à metade ou um terço de seu tamanho original, sendo necessário observar este aspecto para não perder a visibilidade dos detalhes.

BIBLIOGRAFIA CITADA: Os trabalhos citados no texto serão ordenados, alfabeticamente, pelo sobrenome do primeiro autor, seguido da inicial do(s) prenome(s), exceto para nomes de origem espanhola, onde entram os dois últimos sobrenomes. Devem seguir as normas da ABNT (Norma NB-66 de 1989).

Para distinguir trabalhos diferentes de mesma autoria, será levada em conta a ordem cronológica, segundo o ano da publicação. Se num mesmo ano houver mais de um trabalho do(s) mesmo(s) autor(es), acrescentar uma letra ao ano (ex. 1996a ; 1996b). Separam-se os diferentes autores por ponto e vírgula (;). Na referência, a segunda e demais linhas subsequentes iniciarão sob a terceira letra.

Exemplos quanto ao tipo de material a ser referenciado:

Periódicos:

RUBIN, S. de A.L.; SANTOS, O.S. dos. Progresso do melhoramento genético da soja no estado do Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v.2, n.2, p.139-147, 1990.

(Para evitar desuniformidade nas abreviaturas de periódicos, recomenda-se escrevê-los por extenso).

Livros:

SOARES, F.; BURLAMAQUI, C.K. **Pesquisa científica: uma introdução, técnicas e exemplos**. 2.ed., São Paulo: Formar, 1972. 352p.

Capítulo de livro:

FOY, C.D. Effects of aluminum on plant growth. In: CLARSON, E.W. (Ed.) **The plant root and its environment**. Charlottesville: University Free of Virginia, 1977. p.601-642.

VENDRAMIN, J.D. A resistência de plantas e o manejo de pragas. In: CROCOMO, W.B. (Ed.) **Manejo integrado de pragas**. Botucatu: UNESP, 1990. Cap.9, p.177-197.

Teses, dissertações:

1. Dissertação ou tese, publicada:

SILVA FILHO, G.N. **Flutuação populacional de microorganismos em solos submetidos a diferentes sistemas de manejo**. Porto Alegre: UFRGS, 1984. 153p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Microbiologia do Solo, Faculdade de Agronomia, UFRGS. 1984.

2. Dissertação ou tese, não-publicada:

PRECOMANN, D.B. **A embolia cerebral cardiogênica nas doenças cérebro-vasculares isquêmicas: estudo clínico tomográfico**. Porto Alegre, 1996. 185p. Tese (Doutorado em Cardiologia) - Instituto de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Boletins e Relatórios:

VILHORDO, B.W.; MÜLLER, L. **Caracterização botânica de algumas cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) pertencentes aos oito grupos comerciais**. Porto Alegre:IPAGRO, 1979. 72p. (Boletim Técnico, 4)

IPRNR. Seção de Conservação do Solo. **Relatório Anual**. Porto Alegre, 1990. 45p.

Trabalhos de Reuniões e Congressos:

ORLANDO FILHO, L.; LEME, E.J. de M. A utilização agrícola dos resíduos da agroindústria canavieira. In: SIMPÓSIO SOBRE FERTILIZANTES NA AGRICULTURA BRASILEIRA, 2., 1984, Brasília. Anais... Brasília: EMBRAPA, 1984. p. 451-475.

ARTIGOS DE REVISÃO E RELATOS DE CASO

Uma revisão deve ter um objetivo claro e relevante, com o intuito de apresentar conclusões sobre um trabalho. É um estudo de um assunto particular onde se reúnem, analisam e discutem informações já publicadas. O autor de uma revisão deve incluir trabalhos anteriores que fizeram evoluir o assunto ou que o fariam evoluir. Deverá conter: Título, Resumo, Palavras-chave, Título em inglês, Abstract, Key words, uma Introdução, seguida de texto com a abordagem do tema que poderá ser dividido em tópicos, destacados em negrito, só com a primeira letra em maiúscula, Conclusões e Bibliografia citada. Obedecerá às mesmas normas indicadas para os artigos.

Os relatos de caso deverão conter os seguintes tópicos: Título, Resumo, Palavras-chave, Título em inglês, Abstract, Key words, Introdução, descrição do caso, Resultados e discussão, Conclusões e Bibliografia citada. Os diferentes tópicos também seguem as mesmas normas descritas anteriormente.