



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
FACULDADE DE AGRONOMIA ELISEU MACIEL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E
TECNOLOGIA DE SEMENTES

**EFEITO DA INTERAÇÃO GENÓTIPO X AMBIENTE NA QUALIDADE
FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE SOJA (*Glycine max* (L) Merrill)**

ANTONIO KRENSKI

**PELOTAS
RIO GRANDE DO SUL - BRASIL
2005**



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
FACULDADE DE AGRONOMIA ELISEU MACIEL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E
TECNOLOGIA DE SEMENTES

ANTONIO KRENSKI

**EFEITO DA INTERAÇÃO GENÓTIPO X AMBIENTE NA QUALIDADE
FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE SOJA (*Glycine max* (L) Merrill)**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Pelotas, sob a orientação do Prof. Dr. Paulo Dejalma Zimmer, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes, para obtenção do título de Mestre em Ciências.

**PELOTAS
RIO GRANDE DO SUL - BRASIL
2005**

Dados de catalogação na fonte:

Dados Internacionais de Publicação (CIP)

K92e Krenski, Antonio

Efeito da interação genótipo x ambiente na qualidade fisiológica de sementes de soja (*Glycine max* (L) Merrill) / Antonio Krenski; Dejalma Zimmer, orientador. Pelotas, RS, 2005.

CRB -10/744, 26f.

Dissertação (Mestrado Acadêmico em Ciência e Tecnologia de Sementes), Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, RS, 2005.

1.Qualidade fisiológica; 2.Interação; 3.Sementes de soja; 4.Genótipo; 6.Ambientes.

I. Zimmer, Paulo Dejalma, orient. II. Título.

CDD: 633.34

EFEITO DA INTERAÇÃO GENÓTIPO X AMBIENTE NA QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE SOJA (*Glycine max* (L) Merrill)

AUTOR: Eng^o Agr^o ANTONIO KRESNKI

ORIENTADOR: Prof. Dr. PAULO DEJALMA ZIMMER

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. PAULO DEJALMA ZIMMER
Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes/FAEM/UFPeI
(Orientador)

Prof. Dr. ANTONIO CARLOS SOUZA ALBUQUERQUE BARROS
Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes /FAEM/UFPeI

Prof. Dr. LUIS OSMAR BRAGA SCHUCH
Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes /FAEM/UFPeI

Prof. Dr. EDGAR RICARDO SCHÖFFEL
Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agricultura Familiar/FAEM/UFPeI

A minha esposa, Rosimeire e Prole,

dedico este trabalho.

AGRADECIMENTOS

Aos colegas do Laboratório Didático de Análise de Sementes, Departamento de Fitotecnia da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas (D.Ft./FAEM/UFPel), pelo apoio na realização das análises de germinação e vigor; teste de envelhecimento acelerado e teste de condutividade elétrica.

Aos Professores do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes/FAEM/UFPel, pela pioneira oportunidade criada para profissionais que estão atuando no campo voltar à academia atualizar e aprimorar conhecimentos, contribuindo para o setor sementeiro do Brasil e conseqüentemente, através da semente, levar tecnologias que contribuem para o aumento da produtividade;

Ao Prof. Dr. Paulo Dejalma Zimmer, pela valiosa orientação na estruturação, discussão, apresentação dos resultados e principalmente pelo apoio e compreensão das minhas dificuldades durante a condução deste trabalho.

À Professora Aparecida Valério, da FFALM/Bandeirantes, pelo apoio nas análises estatísticas dos dados de campo.

Aos colegas do mestrado profissionalizante que no decorrer do curso, possibilitaram uma excelente troca de idéias e crescimento mútuo.

A todas as pessoas de minha família, sem exceção, pilar de sustentação de toda a minha vida, por estarem sempre dando apoio e entendendo a minha ausência.

Meu Muito Obrigado!

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1. Peso de 1000 sementes de cinco genótipos de soja cultivados em cinco ambientes (SM – São Miguel do Iguaçu; MJC – Maracaju; CA1 - Cascavel 1ª época, CA2 - Cascavel 2ª época, GP - Guarapuava e AB - Abelardo Luz).....	17
Tabela 2. Percentagem de germinação, plântulas anormais e sementes mortas de cinco genótipos de soja nos diferentes ambientes	18
Tabela 3. Percentagem de germinação, plântulas anormais e sementes mortas de cinco genótipos de soja nos diferentes ambientes, após submetidas ao teste de envelhecimento acelerado.....	20
Tabela 4. Desempenho dos 5 genótipos de soja nos diferentes ambientes com relação ao teste de condutividade elétrica.....	22

RESUMO

KRENSKI, Antonio. **Efeito da interação genótipo x ambiente na qualidade fisiológica de sementes de soja (*Glycine max* (L) Merrill)**. Pelotas, 2005, 26f. (Dissertação) Mestrado em Ciência e Tecnologia de Sementes. Universidade Federal de Pelotas.

A capacidade produtiva da soja está associada aos avanços científicos e disponibilidades tecnológicas destinadas ao setor produtivo. O setor sementeiro, aliado ao melhoramento de plantas, tem contribuído para o incremento da produção brasileira, que na safra 2005/2006 deverá atingir 58,7 milhões de toneladas ante a anterior de 51,1 milhões de toneladas, no entanto a área semeada de soja deverá cair 6,4 por cento para 21,9 milhões de hectares. Segundo o IBGE a estimativa de produção maior está baseada na expectativa de um desenvolvimento das lavouras dentro das condições normais de clima. Para preservar o máximo potencial genético e fisiológico de uma cultivar é necessário conhecer sua adaptação nos ambientes onde as sementes serão produzidas, identificar, correlacionar os genótipos, determinar sua capacidade produtiva, fisiológica e sanitária. O objetivo deste trabalho foi caracterizar genótipos de soja de grupos de maturação diferentes, em diferentes ambientes, quanto à produção de sementes, visando a produção de sementes em áreas sementeiras não convencionais. Dentre os ambientes testados o melhor para produção de sementes de soja foi Abelardo Luz. Os ambientes São Miguel do Iguaçu e Maracaju foram altamente restritivos para a produção de sementes de soja de qualidade. Os genótipos de soja de diferentes grupos de maturação apresentam desempenho distinto quanto à qualidade das sementes em função do ambiente.

Palavras-chave: *Glycine max*, interação genótipo ambientes, qualidade de sementes.

ABSTRACT

KRENSKI, Antonio. **Effect of the genotype x environment interaction in soybean seed production.** Pelotas, 2005, 26f. Dissertação (Mestrado) Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes. Universidade Federal de Pelotas.

Soybean production depends on the technology applied associated with scientific know how and availabilities destined to the productive sector. Seed companies associated with plant breeding companies have contributed a lot of with the soybean production in Brazil. The Brazilian production that will be harvest in 2005/2006 will have to reach 58,7 million tons before the previous one of 51,1 million tons, however the sown area have to fall 6,4 percent for 21,9 million hectares. According to IBGE the estimate of bigger production is based on the expectation of better climate conditions during soybean production in this year. To preserve the genetic and physiological maximum potential of one cultivar it is necessary to know its adaptation in environments where the seeds will be produced, to identify, to correlate the genotypes, to determine its productive capacity, in the physiological and sanitary level. The goal of this work was to evaluate the performance of five soybean genotypes from different maturity groups in six environments (contrasting latitudes and altitudes), with intention to determine variations in the seed quality. Among different environment tested Abelardo Luz was the best place to produce soybean seeds. São Miguel do Iguacu and Maracaju were high restrictive to soybean seed production. Genotypes from different maturation groups have different seed quality performance in different environment.

Keywords- *Glycine max*, interaction environment genotype, seed quality.

SUMÁRIO

	Página
BANCA EXAMINADORA	2
DEDICATÓRIA	3
AGRADECIMENTOS	4
LISTA DE TABELAS	5
RESUMO	6
ABSTRACT	7
1. INTRODUÇÃO	9
2. MATERIAL E MÉTODOS	12
3. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	16
4. CONCLUSÕES	24
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	25

1. INTRODUÇÃO

A produção de qualquer planta depende na sua essência do seu potencial genotípico, e das condições ambientais em que irá se desenvolver. Adaptar as culturas aos ambientes nos quais serão produzidas, deve ser prioridade, e para tanto, é necessária a participação efetiva dos melhoristas e dos profissionais envolvidos dentro do contexto do agronegócio. Porém, essa é uma tarefa muito complexa em virtude do grande número de fatores envolvidos, acrescida da imprevisibilidade das interações dos genótipos com os ambientes. Na literatura corrente sobre os estudos de genótipos em diferentes ambientes a ênfase é dada para a produção de grãos (HALLAUER e MIRANDA-FILHO, 1988; BORÉM, 1998; PATERNIANI, 1999).

De um modo geral, é aceito, pelo menos para grãos, que os genótipos heterozigotos sofrem menos os efeitos do ambiente do que os genótipos homozigotos, principalmente em função da homeostasia ou plasticidade (CANONON, 1932, citado por BORÉM e MIRANDA, 2005). Em determinado ambiente, os genótipos ali cultivados podem encontrar o seu limite de adaptabilidade, pois se o estresse ambiental limitar sua produtividade ou qualidade fisiológica da semente, é preciso procurar outros genótipos que sejam mais adaptados, dependendo da variabilidade genética, pode ser necessário buscá-la em outra espécie.

De acordo com Borém (1998), o ambiente é subdividido em macro e micro, isto é, um macro ambiente é composto por uma série de microambientes. Deve-se examinar o ambiente para o qual se deseja desenvolver uma cultivar, estabelecer se possui potencial máximo de produção em um espectro amplo de ambientes ou deve ser adaptada a ambientes específicos, medindo em termos a magnitude da interação genótipo x ambiente, como a variação do desempenho relativo de dois genótipos de um ambiente para outro (QUEIROZ, 1999).

Dentro da cadeia produtiva agrícola brasileira, a soja é a principal cultura e o Brasil o segundo produtor mundial, devendo na safra de 2005/2006, segundo o IBGE, atingir 58,7 milhões de toneladas. De acordo com Sedyama *et al.* (1999), foi a criação de variedades com período juvenil longo que possibilitou a expansão da

cultura para latitudes bem inferiores àquelas onde era normalmente cultivada antes da década de 80. O crescimento da soja apresenta forte correlação com o porte e a produtividade e está em função do período vegetativo, o qual é encurtado onde a amplitude entre o dia mais curto e o dia mais longo é menor, como ocorre nas regiões tropicais (ALMEIDA *et al.*, 1999). Genes da soja responsáveis pelo período juvenil longo foram identificados no banco de germoplasma da espécie e transferidos para variedades comerciais, extensivamente utilizadas em programas de melhoramento, visando criar variedades adaptadas ao cultivo em baixas latitudes (ALMEIDA *et al.*, 1999), consistindo num exemplo expressivo da contribuição do melhoramento de plantas no país.

Assim, essa contribuição poderá ser significativamente ampliada, uma vez que se estima que exista cerca de 200 milhões de hectares de cerrados, dos quais uma grande porcentagem é propícia para o cultivo da espécie (LEITE, 1999), e, portanto, existe uma ampla fronteira potencialmente explorável. Além disso, a utilização dos recursos naturais poderá ser otimizada mediante a utilização de genótipos altamente adaptados a ambientes específicos, como por exemplo, o cultivo de soja em segunda safra com utilização de cultivares que possuem período juvenil longo. Dessa forma, a produtividade será incrementada em função de que cada genótipo será cultivado em ambiente mais propício para sua constituição genética.

Um dos princípios básicos no estudo da herança de caracteres quantitativos é o de que o valor de um indivíduo (fenótipo) é determinado por dois componentes básicos: a constituição genética (genótipo) e uma contribuição do ambiente específico em que aquele indivíduo se encontra (CHAVES, 1989).

Na rotina do melhoramento de plantas, a avaliação de genótipos para caracteres métricos é feita, via de regra, em parcelas experimentais com várias plantas. Se as parcelas que recebem os diferentes genótipos são repetidas em delineamento experimental adequado, a média geral daquele tratamento representa uma estimativa não visada do valor genotípico.

Em experimentos de campo, as diferenças ambientais que ocorrem dentro de uma parcela experimental ou entre parcelas dentro de um mesmo experimento, são devidas, na maioria das vezes, às variações de solo e fatores erráticos como falhas de germinação, ataque de pragas, entre outros. Outros fatores ambientais

como diferenças meteorológicas, altitude, comprimento do dia, tipo de solo, variam muito pouco dentro de uma mesma área experimental, no entanto podem variar bastante quando se considera uma outra localidade ou outro ano de teste (CHAVES, 1989).

Quando um determinado genótipo é submetido a dois ambientes diferentes, espera-se uma variação no valor fenotípico maior que aquela ocorrida ao nível do micro ambiente experimental. Neste caso, o valor genotípico deve ser estimado com base na média dos dois locais. O mesmo princípio vale quando se consideram vários ambientes de teste. Quando vários genótipos são avaliados em vários ambientes, pode ocorrer uma interação de fatores. Como destacado por alguns autores e para determinadas espécies, o genótipo é responsável por 50% do fenótipo sendo os outros 50% provenientes das melhorias do ambiente, conforme relatado por Jensen (1978) para trigo e por Ramalho *et al.* (1990) para milho. Merece ser destacado que não se pode generalizar os resultados obtidos para milho e trigo para todas as espécies, porém, tais resultados são indicativos para se balizar as estimativas dos ganhos que podem ser atingidos com o emprego de cultivares adaptadas a determinados ambientes (QUEIROZ, 1999).

Toledo (1994) descreve a importância da caracterização dos ambientes com base em critérios como latitude, altitude e variáveis climáticas e de solo, para avaliar os genótipos sem perder a representatividade do macro ambiente alvo.

Define-se então, a interação de genótipos com ambientes como sendo o efeito diferencial dos ambientes sobre os genótipos. Vista pelo outro lado, a interação resulta da resposta diferencial dos genótipos à variação ambiental (CHAVES, 1989).

A interação de genótipos com ambientes deve ser encarada como um fenômeno biológico com suas aplicações no melhoramento de plantas e não como um simples efeito estatístico. Considerando a afirmação do geneticista Theodosius Dobzhansky (DOBZHANSKY, 1973), de que “nada em biologia faz sentido a não ser à luz da evolução”, cumpre buscar a explicação evolutiva do fenômeno se é desejado aproveitá-lo no melhoramento e, conseqüente produção de sementes.

O objetivo deste trabalho foi caracterizar genótipos de soja de grupos de maturação diferentes, em ambientes distintos, quanto à produção de sementes.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos de campo foram conduzidos no ano agrícola de 2004/2005, nos ambientes de São Miguel do Iguçu, PR (latitude 25°16'372" S, longitude 54°24'528"W, 225 metros de elevação, Latossolo Roxo, textura argilosa, saturação de bases 63,15%), semeado no dia 23/10/2004, colhido no dia 18/02/2005; Maracaju, MS (latitude 21°39'352"S, longitude 55°09'179"W, 425 metros de elevação, Latossolo Roxo, textura média argilosa, saturação de bases 60%), semeado no dia 28/10/2004 e colhido no dia 27/02/2005; Cascavel, PR, 1ª e 2ª épocas (latitude 25°05'256"S, longitude 53°35'271"W, 747 metros de elevação, Latossolo Roxo, textura argilosa, saturação de bases 73%), sendo a 1ª época semeada no dia 15/10/2005 e colhida no dia 18/03/2005 e a 2ª época semeada no dia 09/11/2004 e colhida no dia 04/04/2005; Guarapuava, PR (latitude 25°33'370"S, longitude 51°33'583"W, 1039 metros de elevação, Cambissolo Álico Húmico, textura argilosa, 60% saturação de bases), semeado no dia 19/11/2004 e colhido no dia 02/05/2005; Abelardo Luz, SC (latitude 26°35'102"S, longitude 52°17'156"W', 852 metros de elevação, Latossolo Vermelho Distrófico, saturação de bases 65%), semeado no dia 25/11/2004 e colhido no dia 11/04/2005.

Os genótipos avaliados constituíram-se de cinco linhagens, denominadas, para este estudo, conforme seu grupo de maturação: NK 5.3 (ciclo superprecoce, grupo de maturação 5.3, flores brancas, hábito de crescimento indeterminado, pubescência cinza, vagem marrom clara, hilo marrom claro, tegumento semibrilhante), NK 5.5 (ciclo superprecoce, grupo de maturação 5.5, flores brancas, hábito de crescimento indeterminado, pubescência cinza, vagem marrom clara, hilo preto imperfeito, tegumento semibrilhante), NK 5.9 (ciclo precoce, grupo de maturação 5.9, flores brancas, hábito de crescimento indeterminado, pubescência cinza, vagem marrom clara, hilo marrom claro, tegumento semibrilhante), NK 6.0 (ciclo precoce, grupo de maturação 6.0, flores brancas, hábito de crescimento indeterminado, pubescência cinza, vagem marrom clara, hilo marrom claro, tegumento semibrilhante) e NK 6.3 (ciclo semiprecoce, grupo de maturação 6.3, flores brancas, hábito de crescimento indeterminado, pubescência cinza, vagem marrom clara, hilo marrom, tegumento semibrilhante).

O delineamento estatístico utilizado foi de blocos ao acaso, com três repetições, sendo as parcelas constituídas de quatro linhas espaçadas de 0,43 metros, por 5 metros de comprimento e um metro de corredor entre as unidades experimentais.

A densidade de semeadura utilizada foi de 20 sementes por metro e a semeadura efetuada através de semeadora de parcelas, regulada a proporcionar uma adubação de 330kg por hectare para todos os ambientes, variando a formulação do adubo, conforme a necessidade de nutrientes, obtidas através de análise de solos de cada local.

Avaliadas as características de altura de plantas e maturidade, no estágio fenológico R8, arrancou-se as duas linhas centrais das parcelas para posterior debulha em batedor de cilindros, revestidos com borrachas, para minimizar os danos mecânicos nos tegumentos dos genótipos. A produtividade, o peso de 1000 sementes e a percentagem de sementes verdes, foi analisada após a secagem em secador estacionário de ar à temperatura ambiente, até se obter o teor de água de 13% (determinada através do medidor de umidade universal Gehaka). Em seguida, as sementes foram classificadas em peneira 13mm oblonga.

Dos 5 genótipos nos 6 ambientes, separou-se 90 amostras de 1kg, representando as unidades experimentais, acondicionadas em sacos de papel de folha dupla e mantidas na câmara fria a 8°C e 48% U.R., por 60 dias, sendo destinadas ao laboratório de análise de sementes para análise de qualidade.

As análises de germinação e vigor foram conduzidas no Laboratório Didático de Análise de Sementes, Departamento de Fitotecnia da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas (D.Ft./FAEM/UFPel).

Para o teste de germinação foram utilizadas 600 sementes de cada genótipo, sendo 3 repetições estatísticas de 200 sementes divididas em 4 subamostras. As sementes foram semeadas sobre duas folhas de papel "germiteste" e cobertas com uma terceira folha. O papel foi umedecido com água destilada em um volume de 2,5 vezes a massa do papel seco.

Após a semeadura, as sementes foram levadas para um germinador de capela tipo Biomatic com temperatura de 25°C, conforme recomendação para a espécie. Para a primeira contagem foram avaliadas as plântulas normais no quinto dia após a semeadura. No oitavo dia foi realizada a segunda contagem, em que

foram analisadas as plântulas normais, anormais e sementes mortas, segundo os critérios estabelecidos nas Regras para Análise de Sementes (RAS).

No teste de envelhecimento acelerado foram utilizadas 600 sementes de cada genótipo, sendo 3 repetições estatísticas de 200 sementes divididas em 4 subamostras. Em uma caixa gerbox foram colocados 40mL de água destilada e aproximadamente 42g de sementes, sobre uma tela que não permite o contato das sementes com a água. Esse material foi colocado em uma BOD com alta umidade (ar saturado 100%), a uma temperatura de 42°C por 48 horas (AOSA, 1983). Após esse período, as sementes foram submetidas ao teste de germinação. Para a primeira contagem avaliou-se o número de plântulas normais no quinto dia após a semeadura.

O teste de condutividade elétrica foi conduzido com 3 repetições estatísticas, em cada repetição foram utilizados 4 copos plásticos com 25 sementes e 75mL de água deionizada. Esse material ficou acondicionado à temperatura de 20°C por 24 horas. Após esse período foi realizada a leitura da condutividade elétrica, utilizando um condutímetro marca Digimed, modelo DM 31. Para inferir sobre o vigor foi utilizada a seguinte fórmula: valor do aparelho menos o valor do branco (copo apenas com água deionizada) dividido pelo peso das sementes.

Foi utilizado um delineamento experimental que permitiu a estimativa da variação residual em cada ambiente, o modelo básico para tratamento dos dados expresso em linguagem estatística, por:

$$Y_{ij} = m + g_i + a_j + (ga)_{ij} + e_{ij}$$

Sendo, Y_{ij} a média observada do caráter Y , do genótipo i no ambiente j ; m a media geral; g_i o efeito do genótipo i ; a_j o efeito do ambiente j ; $(ga)_{ij}$ a interação do genótipo i com o ambiente j e e_{ij} o erro experimental médio associado à média Y_{ij} . Por este modelo a interação de genótipos com ambientes é definida como desvio do modelo que considera a expressão fenotípica como resultado da ação aditiva dos efeitos do genótipo e do ambiente sobre a média geral.

Os dados de viabilidade e vigor das sementes (teste de germinação, envelhecimento acelerado e condutividade elétrica) foram analisados estatisticamente com a utilização do software Winstat, realizou-se análise de variância e as médias foram comparadas entre si pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade. Os dados de campo (produtividade, peso de 1000 sementes, altura

de plantas, sementes verdes e ciclo) foram analisados estatisticamente utilizando o software GENES, realizou-se a análise de variância e as médias foram comparadas entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As análises da variância envolvendo os genótipos e os ambientes estudados demonstram que houve diferenças significativas no desempenho dos genótipos nos ambientes analisados, confirmando a ocorrência de uma interação de fatores. O que é pertinente considerando a amplitude de ambientes utilizados neste estudo e a variabilidade genética dos materiais testados, estando em concordância com a literatura citada em experimentos dessa natureza (ALLARD e BRADSHAW, 1964; BEAVIS e KEIM, 1996).

Para os caracteres de campo: ciclo, altura de plantas e sementes verdes, não houve interação significativa entre ambientes e genótipos. A não significância dos fatores indica que não apresentam efeitos sobre o desenvolvimento das plantas consideradas.

Para as variáveis: produtividade e peso de 1000 sementes, ocorreu interação significativa entre ambientes e genótipos. O melhoramento e seleção dos genótipos se basearam na produtividade de grãos. Desta forma, será dada maior ênfase na discussão da variável peso de 1.000 sementes, que está mais relacionada com a qualidade fisiológica de sementes.

Na Tabela 1 é possível observar grande variação no desempenho dos genótipos em função do ambiente para o caráter peso de 1000 sementes. Considerando todos os genótipos e todos os ambientes avaliados nesse ano agrícola, Guarapuava foi um ambiente de desempenho satisfatório seguido de Abelardo Luz. Entretanto, ficou evidente que cada genótipo tem performance diferente em função do ambiente. Desta forma, considerando ainda o peso de 1000 sementes, para os genótipos NK 5.3, NK 5.5, NK 6.0 e NK 6.3, Cascavel 1 foi muito estável. Ainda na Tabela 1, é possível explorar outro dado importante, os genótipos NK 5.5, NK 6.0 e NK 6.3 tiveram ótimo desempenho para peso de 1000 sementes em três ambientes distintos (Abelardo Luz, Cascavel 1 e Cascavel 2). O peso de 1000 sementes é um caráter altamente influenciado pelo ambiente, mas também é fortemente regulado geneticamente. Portanto, algumas cultivares apresentam peso de 1000 sementes naturalmente superior a outras.

Tabela 1. Peso de 1000 sementes de cinco genótipos de soja cultivados em cinco ambientes (SM – São Miguel do Iguaçú; MJC – Maracaju; CA1 - Cascavel 1ª época, CA2 - Cascavel 2ª época, GP - Guarapuava e AB - Abelardo Luz).

	NK 5.3			NK 5.5			NK 5.9			NK 6.0			NK 6.3		
SM	147,93	abc	A	159,07	b	A	132,80	d	B	151,67	c	A	124,00	c	B
MJC	142,33	bc	B	166,67	b	AB	151,00	c	B	156,67	bc	AB	149,00	b	B
CA1	162,33	a	B	179,07	a	A	171,20	ab	AB	181,73	a	A	177,67	a	A
CA2	156,33	ab	B	169,66	ab	AB	156,67	bc	B	178,67	a	A	167,27	a	AB
GP	152,67	ab	A	162,00	b	A	161,67	abc	A	158,00	bc	A	148,33	b	A
AB	136,07	c	B	172,00	ab	A	173,13	a	A	171,87	ab	A	174,67	a	A
CV(%)	4,11														

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem pelo teste de Tukey no nível de 5% de probabilidade.

Das variáveis que afetam o estabelecimento do estande de plantas, o tamanho da semente é uma característica facilmente selecionada e de importância econômica (CLARK *et al.*, 1968, citado por BURRIS *et al.*, 1973). Plântulas provenientes de sementes grandes exibem, em laboratório, maior área foliar cotiledonar e unifoliolada do que as plântulas oriundas de sementes pequenas (BURRIS *et al.*, 1973). Embora não seja possível associar tamanho de semente com peso específico, e, em função disso, nem sempre se pode associar qualidade fisiológica de sementes com peso de 1.000 sementes.

Para os genótipos NK 5.5, NK 5.9, NK 6.0 e NK 6.3, houve relação direta do peso de 1000 sementes com viabilidade, haja vista que o ambiente de Abelardo Luz obteve médias altas de peso de 1000 sementes (Tabela 1) e os maiores percentuais de germinação dentro dos padrões já mencionados (Tabela 2). Entretanto, o genótipo NK 5.3 alcançou germinação acima de 80%, com o menor peso de 1000 sementes das médias obtidas no ambiente Abelardo Luz (Tabelas 1 e 2). É evidente que tal dedução deveria considerar o vigor de plântulas, não avaliado neste estudo, mas o índice de sementes anormais e mortas, permite inferir sobre o vigor dos lotes.

A manifestação clara e evidente da interação do genótipo NK 5.3 com o ambiente Abelardo Luz, permitiu contrariar a analogia de associação do peso de 1000 sementes com a qualidade fisiológica das mesmas, pois este genótipo apresentou o menor peso de 1000 sementes (136,07) no ambiente Abelardo Luz e a maior germinação (84%).

Tabela 2. Percentagem de germinação, plântulas anormais e sementes mortas de cinco genótipos de soja nos diferentes ambientes.

Genótipo	Ambiente	Germinação (%)	Anormais (%)	Mortas (%)
NK 5,3	Abelardo Luz/SC	84 a	11 c	05 c
	São Miguel	47 b	26 b	28 b
	Cascavel 2ª ep.	80 a	13 c	08 c
	Cascavel 1ª ep.	55 b	21 b	24 b
	Maracaju	15 b	39 a	47 a
	Guarapuava	56 b	32 ab	12 c
NK 5,5	Abelardo Luz/SC	86 a	09 c	05 d
	São Miguel	11 d	38 ab	52 b
	Cascavel 2ª ep.	69 b	15 c	16 cd
	Cascavel 1ª ep.	38 c	40 a	23 c
	Maracaju	04 d	27 b	70 a
	Guarapuava	50 c	36 ab	14 cd
NK 5,9	Abelardo Luz/SC	79 a	16 bc	05 c
	São Miguel	43 b	27 ab	30 b
	Cascavel 2ª ep.	73 a	14 c	14 c
	Cascavel 1ª ep.	75 a	16 bc	09 c
	Maracaju	20 b	31 a	49 a
	Guarapuava	68 a	23 abc	09 c
NK 6,0	Abelardo Luz/SC	79 a	17 bc	04 d
	São Miguel	45 b	18 bc	37 b
	Cascavel 2ª ep.	54 b	20 bc	27 c
	Cascavel 1ª ep.	86 a	09 c	06 d
	Maracaju	12 b	35 a	53 a
	Guarapuava	74 a	21 b	06 d
NK 6,3	Abelardo Luz/SC	82 a	13 ab	04 b
	São Miguel	50 b	21 ab	29 a
	Cascavel 2ª ep.	70 a	16 ab	14 b
	Cascavel 1ª ep.	82 a	12 ab	06 b
	Maracaju	40 b	23 a	37 a
	Guarapuava	85 a	10 b	05 b

Médias seguidas da mesma letra na coluna em cada genótipo não diferem pelo teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade.

A germinação dos genótipos de ciclo super precoce, que compreende os grupos de maturação 5.0 a 5.5, nos ambientes de Abelardo Luz e Cascavel 2ª época, não apresentaram diferença no nível de significância para o genótipo NK 5.3 (Tabela 2), porém, foi adotado o índice de 80% de germinação como base para diferir as interações e correlações de natureza fisiológicas. Com esse critério, o ambiente de Abelardo Luz se destaca dos demais no caráter produção de sementes para genótipos com superprecocidade, provado, também, no genótipo NK 5.5.

A superioridade fisiológica das sementes produzidas em Abelardo Luz provavelmente esteja relacionada com a altitude (852 metros) e temperaturas amenas (média anual de 18,7° C), o que é evidenciado quando comparado com os ambientes de São Miguel (225 metros de altitude e temperatura média anual de 22,14° C), e Maracaju (425 metros de elevação e temperatura média anual de 23° C). No ano agrícola avaliado, Cascavel 1ª época e Guarapuava, não apresentaram condições ambientais adequadas para os genótipos superprecoces, possivelmente, pela não adaptação à época de semeadura. Para os materiais de ciclo precoce que compreendem o grupo de maturação 5.6 a 6.0, a germinação média do genótipo NK 5.9 não diferiu nos ambientes de Abelardo Luz, Cascavel 1ª e 2ª épocas e Guarapuava, no entanto, com porcentagem insatisfatória de germinação, mas, superiores a São Miguel e Maracaju de médias muito abaixo do nível desejado. O genótipo NK 6.0, interagiu de forma aceitável em Cascavel 1ª época, à produção de sementes. No grupo de maturação 6.1 a 6.5, semi precoce, representado pelo genótipo NK 6.3, nos ambientes Abelardo Luz, Cascavel 1ª época e Guarapuava, obteve-se os melhores índices de germinação (Tabela 2), por conseguinte, foram aptos a produzir sementes do genótipo.

Na Tabela 3 são apresentados os dados de envelhecimento acelerado. É possível observar diferenças significativas na variação das médias de germinação, onde novamente se destaca o ambiente Abelardo Luz com as maiores médias para os genótipos avaliados. Cascavel 1ª e 2ª épocas, manteve média intermediária, tendendo a melhorar na 2ª época para os genótipos de ciclo precoce e semi-precoce, no entanto, sem alcançar índice desejável de germinação. Maracaju e São Miguel, não demonstram ter propriedade quando relacionados com envelhecimento acelerado, a julgar por suas médias de germinação, que mantiveram os piores resultados para todos os genótipos submetidos à análise.

Tabela 3. Percentagem de germinação, plântulas anormais e sementes mortas de cinco genótipos de soja nos diferentes ambientes, após submetidas ao teste de envelhecimento acelerado.

Genótipo	Ambiente	EA_Germinação	EA_Anormais	EA_Mortas
NK 5,3	Abelardo Luz/SC	91 a	09 a	01 c
	São Miguel	13 c	39 a	48 a
	Cascavel 2ª ep.	13 c	29 a	10 c
	Cascavel 1ª ep.	44 b	32 a	24 b
	Maracaju	06 c	40 a	54 a
	Guarapuava	54 b	39 a	07 c
NK 5,5	Abelardo Luz/SC	76 a	22 a	02 d
	São Miguel	00 d	31 bc	69 b
	Cascavel 2ª ep.	44 b	36 ab	22 c
	Cascavel 1ª ep.	25 c	50 a	25 c
	Maracaju	00 d	16 c	84 a
	Guarapuava	66 a	28 bc	07 d
NK 5,9	Abelardo Luz/SC	78 a	20 b	02 c
	São Miguel	05 c	47 a	48 b
	Cascavel 2ª ep.	60 ab	27 b	13 c
	Cascavel 1ª ep.	65 ab	32 ab	03 c
	Maracaju	02 c	27 b	71 a
	Guarapuava	58 b	33 ab	09 c
NK 6,0	Abelardo Luz/SC	69 a	30 a	01 c
	São Miguel	12 c	32 a	56 a
	Cascavel 2ª ep.	50 b	26 a	25 b
	Cascavel 1ª ep.	63 ab	31 a	06 c
	Maracaju	04 c	29 a	67 a
	Guarapuava	74 a	26 a	03 c
NK 6,3	Abelardo Luz/SC	78 a	21 c	01 b
	São Miguel	16 e	41 a	44 a
	Cascavel 2ª ep.	68 ab	20 c	11 b
	Cascavel 1ª ep.	43 cd	44 a	13 b
	Maracaju	33 de	23 bc	44 a
	Guarapuava	56 bc	38 ab	07 b

Médias seguidas da mesma letra na coluna em cada genótipo não diferem pelo teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade.

O teste de envelhecimento acelerado é reconhecido como um dos mais utilizados para avaliação do potencial fisiológico de sementes de várias espécies, proporcionando informações com alto grau de consistência (TEKRONY, 1995). Esse

teste se baseia na aceleração artificial da taxa de deterioração das sementes, mediante sua exposição a temperatura e umidade relativa do ar elevadas, considerados como os fatores ambientais preponderantes na intensidade e velocidade de deterioração (MARCOS FILHO, 1999). Nessa situação, sementes mais vigorosas deterioram mais lentamente do que as menos vigorosas, apresentando redução diferenciada da viabilidade.

A combinação da variação na temperatura e período de exposição são os fatores que mais afetam o desempenho das sementes submetidas ao teste de envelhecimento acelerado, e, considerando a amplitude dos ambientes testados e sua interação com os genótipos, foram obtidos resultados contrastantes e apreciáveis (Tabela 3). Em particular, observando os dados de germinação relacionados ao teste de envelhecimento acelerado (Tabela 3), no ano de estudo, os ambientes São Miguel e Maracaju foram altamente restritivos à qualidade das sementes. Esses resultados corroboraram com a idéia de que temperaturas maiores na zona de produção podem ser limitantes para a produção de sementes de qualidade.

Na Tabela 4 são apresentados os dados relativos ao desempenho dos 5 genótipos de soja com relação ao teste de condutividade elétrica. Os menores valores de lixiviados, para todos os genótipos testados, foram observados nos ambientes Abelardo Luz e Guarapuava. Cascavel 2ª época, evidenciou nível baixo para os genótipos NK 5.3 e NK 5.9 e médio para NK 5.5, NK 6.0 e NK 6.3. Cascavel 1ª época, nos genótipos NK 5.3 e NK 6.3, apresentou valores altos de condutividade e medianos para os demais materiais. Maracaju e São Miguel apresentaram os maiores valores de liberação de exsudatos, para todos os genótipos testados.

A degradação das membranas celulares se constitui, hipoteticamente, no primeiro evento do processo de deterioração das sementes (DELOUCHE & BASKIM, 1973), em tese, testes que avaliam a integridade das membranas seriam os mais sensíveis para estimar o vigor.

Neste sentido, destacamos o teste de condutividade elétrica, avaliando indiretamente através da determinação da quantidade de lixiviados na solução de embebição, os menores valores correspondentes à menor liberação de exsudatos, indicam alto potencial fisiológico, revelando menor intensidade de desorganização dos sistemas membranários das células.

Segundo o teste de condutividade elétrica as sementes de maior qualidade foram produzidas em Abelardo Luz ($48,12 \mu\text{S cm}^{-1}\text{g}^{-1}$, $48,63 \mu\text{S cm}^{-1}\text{g}^{-1}$ e $63,23 \mu\text{S cm}^{-1}\text{g}^{-1}$) e Guarapuava ($65,73 \mu\text{S cm}^{-1}\text{g}^{-1}$) (Tabela 4).

Tabela 4. Desempenho dos 5 genótipos de soja nos diferentes ambientes com relação ao teste de condutividade elétrica.

Genótipo	Ambiente	Condutividade ($\mu\text{S cm}^{-1}\text{g}^{-1}$)
NK 5,3	Abelardo Luz/SC	75,76 b
	São Miguel	226,25 a
	Cascavel 2ª ep.	89,41 b
	Cascavel 1ª ep.	191,65 a
	Maracaju	189,12 a
	Guarapuava	93,86 b
NK 5,5	Abelardo Luz/SC	63,23 d
	São Miguel	269,38 a
	Cascavel 2ª ep.	110,63 c
	Cascavel 1ª ep.	170,08 b
	Maracaju	276,35 a
	Guarapuava	101,10 cd
NK 5,9	Abelardo Luz/SC	95,43 c
	São Miguel	240,05 a
	Cascavel 2ª ep.	111,90 c
	Cascavel 1ª ep.	180,07 b
	Maracaju	171,14 b
	Guarapuava	82,41 c
NK 6,0	Abelardo Luz/SC	48,66 c
	São Miguel	239,09 a
	Cascavel 2ª ep.	98,39 b
	Cascavel 1ª ep.	115,10 b
	Maracaju	215,72 a
	Guarapuava	81,82 bc
NK 6,3	Abelardo Luz/SC	48,12 b
	São Miguel	62,94 b
	Cascavel 2ª ep.	90,69 ab
	Cascavel 1ª ep.	124,31 a
	Maracaju	113,48 a
	Guarapuava	65,73 b

Médias seguidas da mesma letra na coluna em cada genótipo não diferem pelo teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade.

As interações que ocorrem entre genótipos nos ambientes, considerando as diferenças de constituição gênica dos caracteres inquiridos nesta dissertação e agregados à qualidade fisiológica de sementes, resultaram nas diferenças e dificuldades de adaptação dos genótipos, no entanto, isso não deve ser encarado como um problema ou fator indesejável, cujos efeitos devem ser minimizados, e, sim, como um fenômeno biológico natural que deve ser conhecido para aperfeiçoar o processo de seleção. Kang (1998) apresenta alguns exemplos de situações reais onde um alelo se comporta como dominante em um ambiente e como recessivo quando o ambiente é alterado. A interação pode se dar, também, ao nível da expressão gênica, desde a atividade das enzimas até a manifestação de caracteres finais (produtividade, peso de sementes, altura de plantas) ou variações dos níveis fisiológicos (germinação, envelhecimento acelerado, condutividade elétrica).

Produzir sementes de qualidade depende muito do ambiente, no macro e no micro clima, mas a utilização de conhecimentos e tecnologias adequadas, sem dúvida, possibilitam produzir sementes de qualidade em regiões não tradicionalmente utilizadas para este fim.

4. CONCLUSÃO

Os genótipos de soja de diferentes grupos de maturação apresentaram desempenho distinto quanto à qualidade das sementes em função do ambiente;

Dentre os ambientes testados o melhor ambiente para produção de sementes de soja foi Abelardo Luz;

Os ambientes São Miguel do Iguaçu e Maracaju foram altamente restritivos para a produção de sementes de soja de qualidade;

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLARD, R.W.; BRADSHAW, A.D. Implications of genotype environmental interactions in applied plant breeding. **Crop Science**, v.4, p.503-508, 1964.

ALMEIDA, L.A.; KIIHL, R.A. de S.; MIRANDA, M.A.C. de; CAMPELO, G.J. de A. **Melhoramento de soja para baixas latitudes**. Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 1999.

ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYSIS. **Seed vigor testing handbook**. Zürich: AOSA, 1983. 93p.

BEAVIS, W.D.; KEIM, P. Identification of quantitative trait loci that are affected by environment. In: KANG, M.S.; GAUCH, H.G. (Ed.) **Genotype-by-environment interaction**. New York: CRC Press, 1996. 416p.

BORÉM, A. **Melhoramento de plantas**. 2.ed. Viçosa: UFV, 1998. 453p.

BORÉM, A. **Melhoramento de plantas cultivadas**. Viçosa: UFV, 1999. 817p.

BORÉM, A.; MIRANDA, G.V. **Melhoramento de plantas**. 4.ed., Viçosa: UFV, 2005. 525p.

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**, Madson, v.13, n.2, p.207-210, 1973.

CHAVES, L.J.; VENCOVSKY, R.; GERALDI, I.O. Modelo não-linear aplicado ao estudo da interação genótipo x ambiente em milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.24, p.259-268, 1989.

DOBZHANSKY, T. Nothing in biology makes sense except in the light of evolution. **American Biology Teacher**, v.35, p.125-129, 1973.

HALLAUER, A.R.; MIRANDA-FILHO, J.B. de. **Quantitative genetics in maize breeding**. Ames: Iowa University Press, 1988. 468p.

JENSEN, N.F. Limits to growth in world food production. **Science**, n.201, p.317-320, 1978.

KANG, M.S. Using genotype-by-environment interaction for crop cultivar development. **Advances in agronomy**, v.62 p.199-252, 1998.

LEITE, M. da C. Novas fronteiras de produção e o intermodal de transporte. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, Londrina, 1999. **Anais...** Londrina: Embrapa Soja, 1999, p.51-58.

MARCOS-FILHO, J. Teste de envelhecimento acelerado. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA-NETO, J.B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999, p.3.1 3.24.

PATERNIANI, E.; CAMPOS, M.S. Melhoramento do milho In Borém, A. (Ed.) **Melhoramento de espécies cultivadas**. Viçosa: Editora UFV, 1999, p.429-479.

PATERNIANI, E. Plant breeding contributions in Brazil: history and perspectives. In: BORÉM, A.; GIÚDICE, M.P.; SAKIYAMA, N.S. (Ed). **Plant breeding in the turn of the millennium**. Viçosa: UFV, 1999, p.355-379.

QUEIRÓZ, M.A. de; GOEDERT, C.O.; RAMOS, S.R.R. (Ed.) **Recursos genéticos e melhoramento de plantas para o Nordeste brasileiro**. (on line). Versão 1.0. Petrolina: Embrapa Semi-Árido; Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 1999. <[http\\www.cpatsa.embrapa.br](http://www.cpatsa.embrapa.br)>.

RAMALHO, M.A.P.; SANTOS, J.B. dos; PINTO, C.A.B.P. **Genética na agropecuária**. 2.ed. São Paulo: Globo, 1990. 359p.

RECURSOS GENÉTICOS E MELHORAMENTO-PLANTAS. Rondonópolis: Fundação MT, 2001. 1183p.

SEDYAMA, T.; TEIXEIRA, R. de C.; REIS, M.S. Melhoramento da soja. In: BORÉM, A. (Ed.). **Melhoramento de espécies cultivadas**. Viçosa: UFV, 1999, p.487-533.

TEKRONY, D.M. Accelerated aging. In: VAN DE VENTER, H.A. (Ed.). **Seed vigour testing seminar**. Copenhagen: ISTA, 1995, p.53-72.

TOLEDO, J.F.F.; ALMEIDA, L.A.; HIIHL, R.A.S.; PANIZZI, M.C.C.; KASTER, M.; MIRANDA, L.C.; MENOSSO, O.G. Genetics and breeding. In: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa da Soja. **Tropical soybean: improvement and production**. Rome: FAO, 1994, p.19-36 (Plant Production and Protection Series, 27).