

**ADEQUAÇÃO DO TESTE DE CONDUTIVIDADE ELÉTRICA DE
MASSA E INDIVIDUAL PARA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE
FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE MILHO (*Zea mays* L.).**

DENISE DE MELLO CORRÊA ANDRADE RIBEIRO

100

48112
33704 MFN.

DENISE DE MELLO CORRÊA ANDRADE RIBEIRO

**ADEQUAÇÃO DO TESTE DE CONDUTIVIDADE ELÉTRICA DE
MASSA E INDIVIDUAL PARA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE
FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE MILHO (*Zea mays* L.).**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Agronomia, área de concentração em Fitotecnia, para obtenção do título de "DOUTOR".

Orientadora

Prof. Dr^a Maria Laene Moreira de Carvalho

LAVRAS
MINAS GERAIS
1999

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca Central da UFLA**

Ribeiro, Denise de Mello Corrêa Andrade

**Adequação do teste de condutividade elétrica de massa e individual para
avaliação da qualidade fisiológica de sementes de milho (*Zea mays* L.) Denise de
Mello Corrêa Andrade Ribeiro. -- Lavras : UFLA, 1999.**

116 p. : il.

Orientador: Maria Laene Moreira de Carvalho.

Tese (Doutorado) – UFLA.

Bibliografia

**1. Milho. 2. Semente. 3. Condutividade elétrica. 4. Vigor. 5. Qualidade
fisiológica. 6. Deterioração. 7. Viabilidade. I. Universidade Federal de Lavras. II.
Título.**

CDD-633.1521

DENISE DE MELLO CORRÊA ANDRADE RIBEIRO

**ADEQUAÇÃO DO TESTE DE CONDUTIVIDADE ELÉTRICA DE
MASSA E INDIVIDUAL PARA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE
FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE MILHO (*Zea mays* L.).**

Tese apresentada à Universidade Federal de
Lavras, como parte das exigências do
Programa de Pós-graduação em Agronomia,
área de concentração em Fitotecnia, para
obtenção do título de "DOUTOR".

APROVADA

Prof.ª Dr.ª Édila Vilela R. Von Pinho

UFLA

Prof.ª Dr.ª Denise C. F. dos S. Dias

UFV

Dr. Francisco C. Krzyzanowski

CNPSo

Dr. João Almir de Oliveira

UFLA


Prof.ª Dr.ª Maria Laene Moreira de Carvalho

UFLA

(Orientadora)

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL

À minha mãe (*in memoriam*),

pela dedicação e carinho

OFEREÇO

Ao meu pai Hélio,

Aos irmãos Patrícia, Helinho e Sérgio,

Ao meu marido Jordano,

pelo carinho, incentivo e compreensão.

DEDICO

À Deus,

AGRADEÇO

por mais uma etapa vencida.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras (UFLA) pela oportunidade;

Ao Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico (CNPq) pela bolsa de estudos concedida;

Ao Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo (Sete Lagoas), e as empresas produtoras de sementes: Sementes Cargill S/A. e Sementes Agroceres S/A. pelo material cedido;

Ao Centro Nacional de Pesquisa de Soja (Londrina), em nome dos Pesquisadores Dr. Francisco C. Krzyzanowski e Dr. França Neto pelo apoio e colaboração na realização de parte desse estudo.

À Prof.^a Dr.^a Maria Laene Moreira de Carvalho pela orientação e amizade;

À Prof.^a Dr.^a Maria das Graças C.G. Vieira e Prof.^a Dr.^a Édila Vilela R. Von Pinho, pelo apoio, incentivo e amizade;

Prof.^a Dr.^a Denise C. F. dos S. Dias pela colaboração;

Aos amigos curso de Pós-graduação, Sebastião Medeiros, Lázaro, Dacio, Arthur, Elaine, Ailton, Kalinka, Brandão, Renatinha, Mary Cleide, Sebastião Carneiro, Elisa, Parede, Reginaldo, pela amizade e incentivo;

Ao amigo João Almir de Oliveira (UFLA), pelo incentivo e colaboração,

Aos funcionários do Laboratório de Análise de sementes (DAG/UFLA), D.Elza, Ana Lúcia, Andréa, Maria de Lourdes, Ricardo, Sr. Jairo e do Laboratório de Patologia de Sementes (DFS/ UFLA), Cleuza e Ana, pela amizade e colaboração;

À Codrade, em nome de Sérgio, Rogério e Marco Túlio pela colaboração;

À todos que de alguma forma contribuíram para a realização desse trabalho.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	i
ABSTRACT.....	iii
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	3
2.1 Deterioração das sementes	3
2.2 Desestruturação do sistema de membranas X qualidade fisiológica...	10
2.3 Avaliação do vigor	13
2.4 Condutividade de massa ("bulk")	18
2.5 Condutividade elétrica individual	30
3 MATERIAL E MÉTODOS	37
3.1 Sementes utilizadas	37
3.2 Caracterização dos lotes	38
3.2.1 Determinação do grau de umidade	38
3.2.2 Teste de germinação (TPG).....	39
3.2.3 Primeira contagem da germinação (PC).....	39
3.2.4 Teste de envelhecimento artificial (EA)	39
3.2.5 Teste frio (TF).....	40
3.2.6 Índice de velocidade de emergência (IVE).....	40
3.2.7 Estande final (EF).....	41
3.2.8 Peso da matéria seca de plântulas (PS).....	41
3.2.9 Teste de sanidade (TS).....	41
3.2.10 Grau de carunchamento (GC).....	42
3.2.11 Identificação de sementes com danos mecânicos (DM)	42
3.2.12 Teste de tetrazólio (TZ).....	43
3.2.13 Teste do pH do exudato (pHE).....	43

3.2.14 Emergência em campo (EC).....	44
3.3 Métodos de condutividade elétrica	44
3.3.1 Condutividade elétrica de massa com 25 sementes (CE -25S).....	44
3.3.2 Condutividade elétrica de massa com 50 sementes (CE -50S).....	45
3.3.3 Condutividade elétrica individual (CEI).....	45
3.4 Delineamento experimental	46
4 RESULTADO E DISCUSSÃO	48
4.1 Avaliação da qualidade	48
4.2 Testes de condutividade elétrica	54
4.3 Estudos da correlação entre os testes de condutividade elétrica de massa (CE - 25S e CE - 50S) e os demais testes.....	73
4.4 Correlação entre os testes de condutividade elétrica individual (CEI) e os demais testes.	79
4.5 Considerações gerais	83
5 CONCLUSÕES	85
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	86
ANEXOS	102

RESUMO

RIBEIRO, Denise de Mello Corrêa Andrade. **Adequação do teste de condutividade elétrica para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de milho (*Zea mays L.*)**. Lavras: UFLA, 1999. 105p. (Tese - Doutorado em Fitotecnia)*.

O trabalho foi conduzido no Laboratório de Análise de Sementes e no Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras - MG e no Centro Nacional de Pesquisa de Soja (CNPSo), Londrina - PR, objetivando avaliar a adequação do teste de condutividade elétrica de massa e individual na separação de lotes sementes de milho com diferenças de vigor, bem como verificar a possibilidade de redução do tempo de condicionamento e tamanho de amostra. Foram utilizadas sementes híbridas de milho das cultivares BR 201, BR 3123, BR 205, AG 122, AG 405, C 808, C901 e C 701, divididas em dois níveis de qualidade, não envelhecidas e envelhecidas artificialmente à temperatura de 42°C por 72 horas. As sementes foram submetidas a diversos testes e determinações para avaliação de sua qualidade, além dos estudos de condutividade elétrica de massa (com 25 e 50 sementes) e individual (ASA - 610), nos tempos de condicionamento de 12, 18, 24 e 30 horas. A interpretação dos resultados permitiu concluir que o período de 18 horas de condicionamento foi eficiente na diferenciação dos lotes de sementes de milho, independente do seu nível de qualidade fisiológica, nos testes de condutividade de massa, com amostras de 25 ou 50 sementes. Com relação ao teste de condutividade individual (ASA - 610), o período de condicionamento de 24 horas permitiu uma melhor classificação das cultivares estudadas em função de sua qualidade, tanto para as sementes não envelhecidas como após o envelhecimento. Os testes de condutividade elétrica de massa e individual mostraram ser eficientes na diferenciação de lotes com diferentes níveis de vigor e potencial de emergência de plântulas em campo.

* Comitê Orientador: Prof. Dr.ª Maria Laene Moreira de Carvalho - UFLA (Orientadora), Prof. Dr.ª Maria das Graças C.G. Vieira - UFLA.

ABSTRACT

RIBEIRO, Denise de Mello Corrêa Andrade. Adjustment of the bulk and individual electrical conductivity test to evaluate physiological quality of corn hybrids seeds (*Zea mays* L.) Lavras: UFLA, 1999. 105p. (Thesis - Doctorate in Agriculture Science)*.

The study was carried out at the Seed Analysis Laboratory in the Agricultural Department of Lavras Federal University and CNPSo/Embrapa - Brazil, to evaluate the reduction in the conditioning time of the electrical conductivity test for corn seeds in the bulk and individual (ASA - 610) system, to correlated those tests results whit the other seed vigour indicators. It was used corn hybrid seeds of cultivars BR 201, BR 3123, BR 205, AG 122, AG 405, C 808, C 901and C 701, divided in two level of physiological quality, e.g. seeds with and without artificial ageing (42°C/72 hours). Several tests and determinations were conducted to evaluate seed vigour. The electrical conductivity analysis of bulk seeds in samples of 25 and 50 seeds and individual (ASA - 610), was carried out for 12, 18, 24 and 30 hours of conditioning. The time of 18 hours conditioning for the bulk system was found to be more suitable for detection of vigour differences in both samples, either for aged or non aged seeds. For the individual seed test, 24 hours was the conditioning time more sensitive to classify the cultivars for the two levels of the seeds tested. The bulk and individual electrical conductivity system have potencial as a rapid and efficient method of discriminated corn seeds cultivars of different level of physiological quality.

* Guidance Committee: Prof. Drª Maria Laene Moreira de Carvalho - UFLA (Major Professor), Prof. Drª. Maria das Graças C.G. Vieira.

1 INTRODUÇÃO

A demanda por sementes de milho de alta qualidade associada à competitividade mercadológica, tem exigido por parte das indústrias sementeiras, o uso de tecnologias modernas que agilizem as tomadas de decisões, afim de se evitar gastos desnecessários em relação as operações de colheita, processamento, armazenamento e comercialização.

A elucidação dos efeitos de diversos fatores que possam comprometer, diretamente, a qualidade dessas sementes, dependerá da eficiência das técnicas utilizadas para determiná-los, bem como da obtenção de resultados confiáveis e reproduzíveis, num curto espaço de tempo.

Dentro desse contexto, os tecnólogos de sementes vêm procurando desenvolver métodos simples e rápidos que permitam avaliar a qualidade das sementes, possibilitando estimar o seu potencial de desenvolvimento em campo, através do aprimoramento de testes de vigor. O interesse pelos testes de vigor tem se destacado, em virtude da possibilidade de se identificar possíveis diferenças na qualidade fisiológica de lotes de sementes, que apresentam poder germinativo semelhantes, complementando assim, o teste de germinação.

Dentre os métodos considerados rápidos para avaliação da qualidade de sementes, destacam-se os testes de condutividade elétrica de massa e individual, que fundamentam-se na permeabilidade das membranas, sendo medida em função da quantidade de eletrólitos liberados na água de embebição, pela semente.

Apesar do crescente interesse pelo uso dos testes de condutividade elétrica na avaliação da qualidade de sementes, esses ainda não se encontram padronizados para todas as espécies, necessitando de estudos mais detalhados em relação à adequação de suas metodologias, como no caso das sementes de

milho. Essa adequação, sem dúvida, beneficiará em larga escala os programas de controle de qualidade interno das empresas que se dedicam à produção de sementes com alta tecnologia.

Desse modo, o presente estudo teve como objetivo a adequação da metodologia do teste de condutividade elétrica de massa e individual para sementes de milho, bem como a verificação da possibilidade de redução do tempo de condicionamento e do número de sementes utilizadas, com o intuito de obter resultados mais rápidos, práticos e precisos a respeito da qualidade fisiológica de sementes de diferentes lotes.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Deterioração das sementes

O processo de deterioração ou envelhecimento é definido como a perda da qualidade da semente ao longo do tempo (Coolbear, 1995). Após atingir o ponto de maturidade fisiológica, alterações degenerativas começam a ocorrer, reduzindo a qualidade fisiológica das sementes em função das condições adversas que antecedem a colheita e dos cuidados durante as diferentes etapas de produção (Andrade e Borba, 1993; Dias e Marcos Filho, 1995, 1998; Bino et al. 1998). Além do processo natural de envelhecimento, a deterioração pode ser induzida artificialmente, através da exposição das sementes à condições de altas temperaturas e umidades relativas, permitindo assim, alterações na qualidade das sementes dentro de poucos dias ou semanas (Lin, 1988).

A deterioração ocorre como consequência de eventos bioquímicos e fisiológicos que determinam o progressivo declínio na qualidade, levando a perda da viabilidade (Marcos Filho e McDonald, 1998). Dentre os eventos básicos que caracterizam o processo de deterioração da semente, Smith e Berjak (1995) destacam as aberrações cromossômicas e danos no DNA, as alterações na síntese de RNA e proteínas, as alterações enzimáticas e esgotamento de reservas embrionárias, as diferenças na atividade respiratória e produção de ATP, e as alterações no sistema de membranas.

Estudos do comportamento de sementes de milho envelhecidas natural e artificialmente, realizados por Gutierrez et al. (1993), permitiram verificar a ocorrência de redução acentuada na síntese de DNA, com consequente redução na germinação e crescimento de plântulas, em sementes deterioradas.

De acordo com Roberts (1973), a degradação das membranas está intimamente associada à degeneração de organelas celulares. Uma vez que a maior parte das atividades celulares envolve o sistema de membranas, considera-se que a redução na atividade enzimática e respiratória, bem como a síntese de macromoléculas ocorrem em função da deterioração inicial das membranas celulares (Powell, 1986; Basajavarajappa, Shetty e Prakash, 1991 e Gutiérrez et al., 1993). A redução na capacidade respiratória também está associada com o envelhecimento da semente e baixa viabilidade, podendo ser considerado como um indicador de perda de vigor (Cruz-Garcia et al., 1995). O efeito negativo da deterioração sobre a taxa respiratória, induz a um atraso na degradação de reservas, prejudicando o desenvolvimento do embrião (Murray, 1984).

Conforme Tyagi (1992), a perda da integridade de membranas está diretamente associada ao mecanismo de envelhecimento. Estruturalmente, as membranas celulares são constituídas por uma camada dupla de lipídios, contendo proteínas intrínsecas e extrínsecas. Os seus principais constituintes são lipídios polares, representados pelos fosfolipídios, que são de natureza anfipática, ou seja, apresentam um grupo hidrofílico em uma das extremidades da molécula e, na outra, dois ácidos graxos de cadeia longa hidrofóbicos (Simon, 1974). Essa camada lipídica funciona como uma barreira à difusão de solutos celulares.

Os lipídios constituintes da membrana celular apresentam uma configuração laminar. Os fosfolipídios arranjados em camada dupla e contínua, têm suas moléculas alinhadas lado a lado, de modo perpendicular à superfície da parede celular. Essa continuidade somente é interrompida pela presença de proteínas intrínsecas que atravessam o complexo fosfolipídico. Dessa forma, quando em contato com a água, as moléculas hidrofóbicas integrantes da membrana celular, apresentam-se direcionadas para o seu interior, enquanto as hidrofílicas se voltam para o exterior aquoso (Branton, 1969).

Singer e Nicolson (1972), sugeriram um modelo para a estrutura de membranas em que os fosfolípidios e as proteínas contribuem, conjuntamente, para regular a difusão de solutos celulares, associando-se interna e externamente à camada lipídica dupla, sendo denominadas de proteínas intrínsecas e extrínsecas ou periféricas. A função das proteínas intrínsecas, segundo Carvalho (1994), é viabilizar o transporte de solutos através da camada lipídica, sendo predominantes quando o fluxo de substâncias é bastante ativo. Já as proteínas periféricas ou extrínsecas, nas quais sobressaem as seqüências de aminoácidos hidrofílicos, são incapazes de atravessar o interior da membrana e sua função consiste em capturar íons próximos à membrana celular que, posteriormente, seriam transportados para o interior da célula.

Segundo Bewley e Black (1994), a organização da estrutura molecular das membranas é estabilizada em função da relação entre os componentes da camada lipídica dupla e o conteúdo de água. Sendo assim, quando a hidratação da membrana está abaixo de 25%, observa-se um rearranjo das moléculas da camada lipídica dupla, formando cilindros (canais), desenvolvidos em função da organização dos grupos polares dos fosfolípidios, permitindo assim, a entrada de água e conseqüente perda de lixiviados. Essa perda será tanto maior quanto maior for o tempo necessário para que ocorra a reorganização do sistema de membranas, em função do conteúdo de água. Simon (1974) relatou que esse rearranjo também foi encontrado em sistemas cujo conteúdo de água se encontrava entre 2,5 a 3,5%, enquanto o fase lamelar foi observada quando a umidade se encontrava em torno de 30% (Stoeckenius, 1962).

As reações oxidativas são reconhecidas como responsáveis pela deterioração das sementes (Priestley et al., 1985 e Wilson Jr. e McDonald Jr., 1986), e ocorrem através de auto-oxidação ou de peroxidação (Bewley, 1994 e Copeland e McDonald, 1995). Segundo as conclusões de Wilson Jr. e

McDonald Jr. (1986), os lipídios podem ser o sítio principal que dá origem a essas reações, embora outros fatores possam estar relacionados.

As reações oxidativas envolvidas no processo de envelhecimento, podem também estar relacionadas com a atividade de enzimas do tipo lipoxigenases, como citado por Priestley et al. (1985) e Coolbear (1995), cuja função seria acelerar a peroxidação de lipídios (Kalpana, Madhavarao, 1993; Vieira, 1994). Segundo Khan et al. (1996), a peroxidação de lipídios afeta consideravelmente a integridade das membranas, exercendo um papel importante no processo de deterioração, levando à redução da longevidade das sementes.

A oxidação dos ácidos graxos insaturados é considerada, muitas vezes, como a primeira reação do processo de envelhecimento, produzindo grupos químicos altamente reativos e instáveis, denominados radicais livres que, posteriormente, passam a atacar lipídios, proteínas e ácidos nucléicos, numa reação em cadeia altamente prejudicial, resultando na desestruturação da membrana, com reflexos na sua capacidade de regular o fluxo de entrada e saída de água e solutos (Harrington, 1973; Bewley, 1986; Ponquet, Smith e Ross, 1992; Carvalho, 1994; Coolbear, 1995 e Desai, Kolecha, Salunke, 1997).

Estudos realizados com sementes envelhecidas de *Atriplex cordobensis* por Aiazzi et al. (1996), comprovaram modificações na composição dos ácidos graxos, com redução significativa na taxa de ácidos graxos insaturados e saturados com a deterioração. Essa alteração pode estar relacionada ao decréscimo do conteúdo de ácidos graxos insaturados, evidenciando a ocorrência de peroxidação de lipídios. Em vista desses resultados, os autores sugerem que a peroxidação produz danos às membranas, contribuindo para a perda de viabilidade das sementes. Resultados semelhantes foram obtidos com sementes de *Dalbergia sissoo* Roxb., por Thaplyal e Connor (1997).

Os dois radicais mais importantes, envolvidos no processo de deterioração da semente, são as hidroxilas (OH) e os superóxidos (O₂⁻)

(Puntarulo e Boveris, 1990; Coolbear, 1995 e Desai, Kolecha, Salunke, 1997). Uma vez presentes nas células, os radicais livres podem também, causar danos ao DNA e outras biomoléculas (Coolbear, 1995).

Estudos utilizando sementes de ervilha evidenciaram uma redução no conteúdo total de fosfolipídios da membranas, associada a formação de radicais livres, tanto no início como no final do processo de envelhecimento (Powell, Oliveira e Matthews, 1986).

Basavarajappa, Shetty e Prakash (1991) verificando as alterações ocorridas durante o processo de envelhecimento em sementes de milho, observaram uma redução no nível de fosfolipídios, de ascorbato e da atividade da peroxidase, seguidos de aumento da atividade da fosfolipase A, nos ácidos graxos totais e de monoaldeídos. Essas substâncias, são indicativas da ocorrência de peroxidação de lipídios nas membranas celulares. Nesse estudo, também foi observado um decréscimo no conteúdo de substâncias de reserva, tais como, carboidratos e proteínas, decréscimo na atividade de enzimas como fosfatase ácida e desidrogenase que ocorre em função da redução da permeabilidade das membranas. Além disso, foram constatados aumentos no total de aminoácidos livres e nas atividades da amilase e protease, confirmando a degradação de substâncias de reserva durante o envelhecimento, o que levou autores como Alizaga, Sterling e Herrera (1992) e Coolbear (1995) a considerar a perda de integridade do sistema de membranas como a primeira alteração degenerativa ocorrida em sementes de milho envelhecidas.

Segundo Desai, Kolecha e Salunke (1997), as alterações provocadas pelos radicais livres assumem vital importância no funcionamento de membranas e macromoléculas, pois podem ser responsáveis por um crescimento lento, anormal ou até mesmo paralisar o crescimento da plântula, dependendo da amplitude do seu dano.

Nem sempre tem sido observada correlação entre deterioração e peroxidação de lipídios, segundo pesquisas realizadas com sementes de soja, amendoim e *Atriplex cordobensis* (Priestley e Leopold, 1979; Pearce e Abdel Samad, 1980; Powell e Harman, 1985; Aiazzi et al., 1997). Para Matthews (1985) e Zhang et al. (1994), o estudo dessas alterações iniciais relacionadas ao processo de envelhecimento não tem sido concludente, sendo bastante circunstanciais as evidências de deterioração citoplasmática, na forma de degradação de membranas.

De acordo com Carvalho (1994), muitas vezes, os resultados obtidos podem ser conflitantes, em razão dos procedimentos químicos necessários à constatação da ocorrência da peroxidação serem bastantes complexos, e ao grande volume de alterações citológicas e metabólicas detectadas no processo (Roberts, 1973).

Na realidade, o entendimento dos fatores fundamentais que induzem o envelhecimento é essencial para o estudo do processo de deterioração da semente. Diversas outras teorias também têm sido sugeridas como causas básicas da deterioração como: regulação da pressão de O₂, substâncias antioxidantes, hidratação e desidratação, algumas consideradas apenas de caráter especulativo (Copeland e McDonald, 1995).

Outro aspecto a ser considerado no processo de deterioração e na desestruturação do sistema de membranas, seria a presença de fungos. Berjak (1987) cita que consideráveis alterações bioquímicas ocorrem em sementes infectadas, como resultado da atividade fúngica. Os fungos são capazes de invadir as sementes durante seu desenvolvimento, após a maturidade, durante o período que permanecem no campo ou após a colheita, principalmente quando apresentam danos e são conservadas em condições desfavoráveis (Smith e Berjak, 1995).

Os fungos associados às sementes e grãos são classificados em duas categorias: os fungos de campo e os fungos de armazenamento (Bewley e Black, 1994). Os principais fungos de armazenamento são dos gêneros *Aspergillus* e *Penicillium*, considerados de grande habilidade para se desenvolverem, afetando negativamente a qualidade da semente, causando redução ou perda da capacidade germinativa, descolorações, apodrecimento, aquecimento da massa de sementes e desenvolvimento de bolor (Machado, 1988).

Berjak (1987), trabalhando com sementes de milho envelhecidas artificialmente, verificou que a redução no vigor e na germinação ocorre antes mesmo que apareçam sinais externos indicadores da invasão por espécies de *Aspergillus* e *Penicillium* e que certas alterações ultra-estruturais, características da deterioração, surgem mais precocemente em sementes infectadas do que em sementes sadias.

Esses fungos se desenvolvem numa vasta faixa de temperatura. No caso de sementes amiláceas, a faixa ideal varia entre 25 a 30°C (Wetzel, 1987). Anderson e Baker (1983) estabeleceram o grau de umidade de 13,5% como limite, acima do qual as sementes seriam prejudicadas pelos fungos de armazenamento. No entanto, esses fungos podem tornar-se metabolicamente ativos em sementes com umidade abaixo de 13% (Mycock e Berjak, 1995).

O fungo *Diplodia maydis* induz sintomas como podridão do colmo e espiga, podendo sobreviver no interior da semente, causando o seu apodrecimento, devido à destruição do embrião antes da ocorrência da germinação, como também a morte de plântulas no estágio de pré e pós emergência (Lucca Filho, 1987).

No entanto, para Cherry e Skadsen (1983), as mudanças fisiológicas e estruturais, no processo de deterioração, ocorrem independentes dos

microrganismos, porém eles aumentam notadamente o nível de deterioração da estrutura celular.

De um modo geral, a literatura tem demonstrado unanimidade em concordar ser a desestruturação do sistema de membranas, a principal manifestação do processo degenerativo em sementes (Dias,1994; Carvalho,1994; Coolbear, 1995), sem contudo, chegar a um consenso sobre quais seriam as causas básicas dessa desestruturação (Zhang et al., 1994). Certamente, a ocorrência da deterioração se dá através da combinação de vários desses eventos (Copeland e McDonald, 1995).

2.2 Desestrututação do sistema de membranas X qualidade fisiológica

Durante o processo de maturação da semente, o sistema de membranas está sujeito a contínuas transformações, em função do desenvolvimento da semente e do teor de água nela contido, sendo que, na maturidade fisiológica, as membranas celulares apresentam a sua máxima organização (Abdul-Baki, 1980). A partir deste momento, em consequência da perda de água, seja por processo natural ou artificial, as membranas celulares passam a se desorganizarem, estruturalmente, independente do seu grau de deterioração. Segundo Heydecker (1974), as membranas celulares são as últimas a se organizarem durante o processo de maturação, no entanto, são as primeiras a apresentarem sinais de deterioração após atingir o estágio de maturidade fisiológica.

Também tem sido observado que, quando sementes secas são colocadas em contato com um substrato úmido, ocorre uma rápida e intensa liberação de eletrólitos, seguida de uma redução na perda de solutos, à medida que os tecidos são reidratados, até atingir um estado de equilíbrio (Simon e Raja-Harun, 1972). Segundo Simon e Mathavan (1986), esse equilíbrio pode ser atingido em

períodos que variam desde alguns minutos até 24 horas. Esse comportamento ocorre em função da ruptura física e da morte de algumas células da superfície cotiledonar, no início do processo de embebição da semente (Larson, 1968).

Outra teoria refere-se à reorganização do sistema de membranas das sementes secas, durante o processo de embebição (Simon e Raja-Harun, 1972). Neste caso, o aumento no teor de lixiviados na água de embebição está diretamente relacionado com a degradação das membranas e conseqüente perda do controle da permeabilidade (Ching e Schoolcraft, 1968). Essa capacidade de reorganização é diminuída, à medida em que o processo de deterioração avança, tornando-se cada vez mais lenta. Isto, finalmente, reflete num decréscimo da germinação e do vigor das sementes, como foi observado em feijão por Lin (1990) e em soja (Puntarulo e Boveris, 1990).

De acordo com Abdul-Baki (1980), a velocidade de reorganização do sistema de membranas da semente reflete o seu vigor, pois, quanto mais reduzido for o período de embebição, menor será a perda de lixiviados para o meio externo. Já Woodstock (1973) considerou que a exudação de constituintes celulares mostrou-se inversamente associada ao vigor, pois reflete a perda da integridade de membranas, representa a conseqüente perda de compartimentalização dos constituintes celulares e constitui-se num substrato excelente para o desenvolvimento de microrganismos, acelerando o processo de deterioração da semente.

Em pesquisas conduzidas com embriões de ervilha, Simon e Raja-Harun (1980) verificaram que a liberação de metabólitos apresentou-se mais intensa durante os primeiros minutos de embebição, acompanhado de um lento declínio, nos trinta minutos iniciais. Esses resultados permitiram concluir que, quando as sementes foram secas, o plasmalema e o tonoplasto das células perderam sua integridade e, posteriormente, se reorganizaram durante o período de rápida liberação de metabólitos. Também foi proposto que as camadas de células

externas contribuem mais para o total de eletrólitos lixiviados do que as células de tecidos internos.

A lixiviação compreende a perda de substâncias, tais como açúcares, enzimas, nucleosídeos, ácidos graxos, aminoácidos, ácidos orgânicos e íons inorgânicos, para a água de embebição (Abdul-Baki e Anderson, 1972; AOSA, 1983; Marcos Filho et al., 1987; Woodstock, 1988). A quantidade desses eletrólitos lixiviados pode ser influenciada pelo genótipo (Bruggink et al., 1991; Powell, Ferguson e Matthews, 1997; Santipracha, Santipracha e Wonguaradon, 1997; Powell, 1998), pelo estágio de desenvolvimento da semente, na época da colheita, pelo grau de deterioração e pela incidência de dano causado pela velocidade de embebição (Powell, 1986), pela ocorrência de injúrias no tegumento (Loeffler, 1988), pela idade e cor do material (Short e Lacy, 1976, Prete, 1992, Pandey, 1992), pelo tempo e temperatura de embebição (Loeffler et al., 1988; Hampton, 1995), dentre outros.

Portanto, tem sido aceito que a integridade das membranas não é completa, durante os primeiros minutos após a embebição. Entretanto, com o decorrer desse tempo, essa situação se altera, com a retomada natural de sua configuração mais estável ou através de algum mecanismo de restauração, ainda não identificado claramente. Em sementes mais deterioradas ou não viáveis, esses mecanismos de reparo estariam ausentes ou seriam ineficientes; ou ainda, as membranas estariam tão danificadas, que o reparo seria impossível de acontecer (Bewley e Black, 1994).

A relação entre quantidade de lixiviados, teor de água, nível de organização das membranas e a condutividade elétrica da solução de embebição, é a base que permite relacionar a condutividade elétrica com o vigor das sementes. Altos valores de condutividade elétrica indicariam sementes de baixo vigor, ao passo que baixos valores corresponderiam a sementes vigorosas (Paiva Aguerro, 1995 e Fagioli, 1997).

Diante dessas ponderações, observa-se que as medidas de íons e lixiviados constituem-se em importantes métodos para determinação da qualidade fisiológica das sementes. Dentre esses métodos, destacam-se os testes de condutividade elétrica de massa e individual.

2.3 Avaliação do vigor

A avaliação do vigor das sementes permite a detecção de possíveis diferenças na qualidade fisiológica de lotes que apresentem poder germinativo semelhante e que podem exibir comportamentos distintos, em condições de campo ou mesmo durante o armazenamento. As diferenças no comportamento de lotes com germinação semelhante podem ser explicadas pelo fato de que, as primeiras alterações nos processos bioquímicos associados a deterioração, normalmente, ocorrem antes que se observe o declínio na capacidade germinativa (Delouche e Baskin, 1973; Matthews, 1981; Toledo e Marcos Filho, 1977; Medina e Marcos Filho, 1990).

Perry (1981), estudando o efeito da deterioração a nível de semente, individualmente, verificou que a primeira evidência degenerativa mostra-se através da redução da velocidade de germinação. Outras consequências imediatas referem-se ao aumento da condutividade aquosa, obtida a partir dos exudatos lixiviados, do aumento de áreas mortas e da redução na capacidade de germinação.

Assim, o principal desafio das pesquisas relacionadas com testes de vigor está justamente na identificação de parâmetros adequados, comuns à deterioração das sementes, de modo que, quanto mais distantes da perda da capacidade de germinação, mais promissor será o teste, fornecendo informações complementares àquelas obtidas pelo teste de germinação (AOSA, 1983; Medina e Marcos Filho, 1990).

Para serem bem aceitos entre os tecnologistas de sementes, os testes de vigor devem ser reproduzíveis, de fácil execução, rápidos, objetivos, de baixo custo, procurando sempre correlacionar-se com a emergência em campo, (McDonald Jr., 1980; Matthews, 1981; AOSA, 1983 e Hampton, 1993). No entanto, vários testes de vigor têm sido propostos para avaliar a deterioração de sementes já que um único teste não é suficiente para avaliar, simultaneamente, todos os aspectos de vigor que podem estar interferindo no estabelecimento das plântulas em campo (Carvalho, 1994; Powell, Ferguson e Matthews, 1997). Somente alguns testes têm sido considerados mais recomendados pela AOSA, como os testes de crescimento e classificação do vigor de plântulas, envelhecimento artificial, teste frio, tetrazólio e condutividade elétrica (Carvalho, 1986).

Embora as informações fornecidas por esses testes sejam de grande utilidade, nos programas de qualidade interno de empresas produtoras de semente (Byrun, Copeland, 1995), o seu uso em laboratório, rotineiramente, irá depender muito da sua padronização (McDonald Jr., 1980). Segundo Carvalho (1994), vários fatores contribuem para dificultar a padronização dos testes de vigor, relacionando, dentre os principais, a precisão dos procedimentos, a apresentação de resultados e o estabelecimento de níveis aceitáveis de vigor.

De modo geral, os testes de vigor permitem uma avaliação mais sensível da qualidade da semente, em relação à germinação, fornecendo uma classificação mais consistente de lotes, com qualidades distintas em relação ao seu potencial de desempenho em campo e/ou armazenamento (Oliveira e Carvalho, 1998).

De acordo com Abdul-Baki e Anderson (1973), os testes que apresentam um curto período de duração, estão relacionados com processos fisiológicos e bioquímicos da deterioração das sementes, especialmente com as atividades enzimáticas e respiratórias, e com a integridade do sistema de membranas

celulares das sementes. Os autores também destacaram que as pesquisas realizadas com testes baseados nesses processos, devem ter como referencial, a emergência de plântulas em campo.

Apesar das pesquisas em relação ao uso desses testes serem, relativamente, recentes, alguns deles já estão sendo utilizados por muitos laboratórios com sucesso. Em levantamento realizado por Tekrony (1983), em 102 laboratórios de análise de sementes dos EUA, foi possível constatar, tomando-se como base o ano de 1982, que entre os testes de vigor mais utilizados, destacaram-se o teste de tetrazólio (66%) e o de condutividade elétrica (31%).

Um fator relevante a ser considerado na avaliação do vigor das sementes, é a rapidez para a realização do teste (Vieira, 1994; Hampton, 1995). A rápida obtenção de resultados vem assumindo, cada vez mais, destaque nas etapas de produção de sementes, pois, além de agilizar o processo de produção, permite a redução dos custos (Marcos Filho, 1998). Sob esse aspecto, o teste de condutividade elétrica demonstra ser de grande interesse, pois, permite detectar a fase inicial do processo degenerativo, possibilitando tomadas rápidas de decisão, com o intuito de reduzir ou minimizar o seu efeito sobre a qualidade fisiológica das sementes (Dias e Marcos Filho, 1995).

De acordo com Powell (1998), o teste de condutividade elétrica satisfaz os critérios para um teste de vigor, pois apresenta uma base teórica consistente, correlaciona-se bem com a emergência em campo e pode ser reproduzido. No entanto, como quase todos os testes que associam as propriedades da membrana para determinação do potencial de germinação, a condutividade é afetada por inúmeros fatores, como: danos de embebição (Powell, 1986), danos no tegumento (Loeffler et al., 1988), pela cultivar (Bruggink et al., 1991), efeito da temperatura e tempo de embebição (Hampton, 1995), entre outros.

Outro aspecto relacionado aos testes de vigor, diz respeito à dificuldade de interpretação dos resultados que, raramente, dispõe de parâmetros de comparação. No caso do teste de condutividade, observa-se que grande número de informações têm sido produzidas com sementes de ervilha, soja, feijão e milho. Contudo, como nos outros teste de vigor, os resultados obtidos só permitem comparar o potencial fisiológico dos lotes avaliados, não estimando sobre o comportamento da semente sob condições de campo, nem sobre o potencial de armazenamento (Krzyzanowski, França Neto, Henning, 1991; Vieira, 1994; Marcos Filho, 1998).

Quando são analisados os resultados da condutividade de sementes dentro de uma mesma espécie, tem-se verificado uma grande variação de resultados, dificultando a obtenção de padrões, em relação à diferenciação do vigor dos lotes, para quantificar os valores limites entre lotes de alto, médio ou baixo vigor (Dias, 1994 e Vieira, 1994).

Além da inexistência de limites padrões, um outro fator importante refere-se à unidade em que são expressos os resultados. Os valores da condutividade de massa (bulk) são expressos em $\mu\text{mhos/cm/g}$ ou $\mu\text{S/cm/g}$ e do analisador individual de sementes em $\mu\text{A/g}$, unidades diferentes das obtidas, por exemplo, pela germinação padrão, teste de envelhecimento artificial e outros, expressos em porcentagem (Bruggink et al., 1991). No entanto, pesquisas realizadas com soja, têm demonstrado uma alta correlação entre as leituras obtidas pelos testes de condutividade de massa ($\mu\text{mhos/cm}$) e os testes de condutividade elétrica individual (μA) (McDonald e Wilson Jr., 1979).

Trabalhando com sementes de milho doce, Waters Jr. e Blanchette (1983), constataram que os testes de condutividade de massa e individual correlacionaram com o teste de emergência de plântulas em campo, com maior ênfase para a condutividade individual. No entanto, a condutividade elétrica foi negativamente correlacionada com porcentagem de emergência, peso de planta e

uniformidade de estande, também em milho doce, segundo Tracy e Juvik (1988). De acordo com Wilson e Trawatha (1991) e Wilson Jr.; Alleyne; Mohan (1992), a combinação dos resultados dos testes de condutividade individual e envelhecimento artificial foi eficiente para estimar o nível de vigor de sementes de milho.

Valores variando entre 4 e 30 $\mu\text{mhos/cm/g}$ para sementes de milho, correspondem a lotes que se situam entre alto e baixo vigor (Mariano, 1991; Minohara, 1992). Segundo Fagioli (1997), lotes de sementes de milho com valores de condutividade menores ou igual a 9 e menores ou igual a 16 $\mu\text{mhos/cm/g}$ apresentaram melhor estimativa de desempenho em campo, quando se exigiu emergência superior a 80%.

No caso da soja, os padrões estabelecidos são outros, valores até 60 a 70 $\mu\text{mhos/cm/g}$ têm sido considerados de alto vigor, enquanto de 70 a 80 $\mu\text{mhos/cm/g}$ tendem para médio vigor (Vieira, 1994; Paiva Agüero, 1995). Segundo a AOSA (1983), nos EUA, as sementes de soja são consideradas de baixo vigor, quando a condutividade é superior a 150 $\mu\text{mhos/cm/g}$. Entretanto, como foi citado anteriormente, o teste de condutividade elétrica tem sido utilizado com sucesso na avaliação do vigor de ervilhas, com padrões para interpretações variando de 24 a 44 $\mu\text{mhos/cm/g}$ (Matthews e Powell, 1981).

A avaliação da condutividade elétrica, como teste de vigor em sementes, pode ser conduzida através de dois sistemas: o primeiro deles, e mais usual, é conhecido como condutividade de massa ou sistema de copo (bulk) realizado normalmente, com amostras constituídas por 50 sementes; o segundo seria através da avaliação da condutividade de cada semente, individualmente.

Soja = 60 a 70 = alto
70 a 80 = médio
150 = baixo, 17

* 2.4 Condutividade de massa (“Bulk”)

O teste de condutividade elétrica baseia-se no fato de que o vigor está intimamente, relacionado à integridade do sistema de membranas celulares. Desse modo, quando as sementes são imersas em água durante o processo de embebição, ocorre a liberação de solutos citoplasmáticos no meio líquido, em intensidade proporcional ao estado de desorganização em que se encontram as membranas (Woodstock, 1973; Grabe, 1976; Marcos Filho et al., 1987; Vieira, 1994). Sementes deterioradas ou danificadas liberam maiores quantidades de exudatos na solução, resultando em altos valores de condutividade elétrica (AOSA, 1983; Hampton, 1995, Powell et al., 1997).

Esses solutos, com propriedades eletrolíticas, são capazes de conduzir corrente elétrica que pode ser medida através de um aparelho condutivímetro. O aparelho é capaz de monitorar a quantidade de exudatos das sementes liberados para o meio externo, constituindo-se em um importante método para avaliação da qualidade fisiológica de sementes (Vieira, 1994; Copeland e McDonald, 1995, , Dias e Marcos Filho, 1995; Hampton, 1995).

A condutividade elétrica vem sendo utilizada desde a década de 20, visando estimar a viabilidade em sementes forrageiras (Vieira,1994). Porém, foi somente a partir da década de 60, que as pesquisas sobre o referido teste passaram a ser intensificadas (Dias e Marcos Filho, 1995).

Grande parte das pesquisas relacionadas com condutividade elétrica foram realizadas com sementes de ervilha e, posteriormente, com sementes de soja. Assim sendo, as principais alterações efetuadas no teste, para a obtenção de resultados consistentes, foram obtidas através de experimentos realizados com essas duas espécies (Fratin, 1987; Krzyzanowski et al., 1991; Dias, 1994; Dias e Marcos Filho, 1995).

A partir daí, a medição da condutividade elétrica na solução passou a ser estudada e utilizada para diferentes espécies (AOSA, 1983; Marcos Filho et al., 1987), como: algodão (Santos, 1993), soja (Hampton et al., 1992; Dias e Marcos Filho, 1996; Vieira et al., 1996), ervilha (Deswal e Sheoran, 1993; Illipronti et al., 1997; Powell et al., 1997), milho (Bruggink et al., 1991; Alizaga et al., 1992; Davidson e Moore, 1994), feijão (Hampton et al., 1992; Hampton, 1995; Vieira et al., 1996), trigo (Sumimy, 1992), sementes de hortaliças (Powell, 1998), entre outras.

Com o aumento da utilização do teste de condutividade elétrica, a metodologia inicialmente proposta por Matthews e Bradnock (1967), para sementes de ervilha, sofreu algumas alterações em relação ao número de sementes e volume de água utilizado, sendo, posteriormente, recomendada e publicada pela International Seed Testing Association - ISTA (Matthews e Powell, 1981; Hampton, 1995) e pela Association of Official Seed Analysts (AOSA, 1983; Hampton & Tekrony, 1995).

Na realidade, esse teste tem sido utilizado com diferentes propósitos, destacando-se o seu uso na seleção de lotes de sementes de ervilha, para semeaduras precoces na estação, como teste de rotina para feijão e soja (Matthews e Powell, 1981; AOSA, 1983) e para identificar lotes com graus distintos de deterioração (Marcos Filho et al., 1990, Dias e Marcos Filho, 1996).

Europa, Austrália e Nova Zelândia têm utilizado intensivamente o teste de condutividade para estimar o vigor em sementes de ervilha (Hampton e Coolbear, 1990; Hampton, 1995).

Vários autores, como Bradnock (1970); Bedford (1974) e Mullet e Wilkson (1979), trabalhando com sementes de ervilha, verificaram a eficiência do teste para previsão da emergência relativa de plântulas de diferentes lotes de sementes, em campo.

Também, trabalhando com sementes de soja, Tao (1978) investigou vários fatores que causavam alterações nos resultados do teste. Constatou acréscimos nos valores de condutividade elétrica, de acordo com a elevação da temperatura, teores baixos de água das sementes (8,8% ou menos) e presença de sementes danificadas. Sugeriu a condução do teste com sementes intactas (sem injúrias mecânicas) e com teores iniciais de água superiores a 13%. Oliveira e Carvalho (1998) também recomendam a uniformização do grau de umidade da semente, antes do início de realização do teste, ajustando o nível de umidade entre 10 e 14%.

Segundo McDonald Jr. et al. (1978), o uso do teste de condutividade elétrica, em sementes de milho e soja, não se mostrou eficiente na separação de lotes com diferenças de vigor. No entanto, Tao (1978) obteve informações consistentes com o referido teste para essas duas espécies, salientando que para soja, houve correlação com a emergência de plântulas em campo. Resultados semelhantes foram obtidos por Yaklich et al. (1979) e Alizaga, Sterling e Herrera, (1992), para soja e milho.

Também trabalhando com sementes de milho, Gill e Delouche (1973) verificaram a existência de correlação entre vigor e condutividade elétrica; porém, Bradnock (1975) comentou que, apesar desse teste diferenciar níveis de vigor em sementes de milho, os resultados nem sempre eram reproduzíveis entre laboratórios.

A desuniformidade de resultados entre laboratórios, além da não diferenciação de vigor foi ressaltada por McDonald et al. (1978). Estudos conduzidos pelo Comitê de Vigor da International Seed Testing Association também mostraram variações nos resultados entre laboratórios, relativos a problemas metodológicos (Perry, 1981).

Por sua vez, Tao (1980) apresentou resultados consistentes a respeito do teste de condutividade entre laboratórios para 6 lotes de sementes de milho,

de duas cultivares. Referiu-se ao teste, como adequado para sementes de milho e com potencial para diferenciação de vigor, além de correlacionar-se com o teste de emergência em campo.

No Brasil, a condutividade elétrica tem sido utilizada como teste de vigor, apresentando resultados bastante promissores, principalmente, para sementes de soja (Dias & Marcos Filho, 1995; Paiva-Aguero, 1995 e Panobianco, 1997) e milho (Von Pinho et al., 1995; Vieira et al., 1996 e Fagioli, 1997).

Além disso, permite que a indústria sementeira disponha de mais uma alternativa para avaliar a qualidade das sementes, complementando assim, as informações obtidas pelo teste de germinação (Davidson e Moore III, 1994). Segundo Fagioli (1997), o teste de condutividade elétrica foi eficiente em estimar, com alto grau de precisão, o desempenho de sementes de milho em condições de campo.

O efeito da temperatura sobre a água de embebição e perda de solutos vem merecendo atenção especial, pois, pode estar relacionado com alterações na viscosidade da água, influenciando assim, a quantidade de eletrólitos lixiviados, bem como sua velocidade de liberação (Murphy e Noland, 1982).

Leopold (1980) observou que a elevação da temperatura aumenta a quantidade de material lixiviado pelas sementes, principalmente, em tecidos mortos. Essa constatação permitiu ao autor inferir que elevadas quantidades de lixiviados na solução de embebição, seriam um indicativo de ineficiência do sistema de membranas.

Pesquisas realizadas por Powell (1986) e Loeffler et al. (1988), evidenciaram que o aumento da temperatura aumentava a fluidez da membrana plasmática, facilitando assim, a movimentação de água através dessa. Entretanto, o aumento excessivo da temperatura pode levar a ruptura das membranas, permitindo a lixiviação de eletrólitos para o meio externo. Outro aspecto

relevante é que o aumento da temperatura nos primeiros momentos da embebição aumenta a taxa de absorção.

O teste de condutividade também tem sido bastante utilizado para avaliação de injúrias causadas por embebição à baixas temperaturas. Em sementes de amendoim, foi observado um aumento na liberação de solutos, quando as sementes foram embebidas em temperaturas mais baixas; as temperaturas testadas foram 10, 20, 30 e 40°C (Swamy e Narasimha Reddy, 1977).

Estudos utilizando sementes de Maria-pretinha (*Solanum nigrum* L.) mostraram que a condutividade inicial, após 5 minutos de embebição, foi semelhante em todas as temperaturas pesquisadas. No entanto, após uma hora de embebição, os efeitos da temperatura começaram a se evidenciar e a condutividade total aumentou acentuadamente, com a elevação da temperatura (Givelberg, Horowitz e Poljakoff-Mayber, 1984). Murphy e Noland (1982) também observaram que a lixiviação máxima de eletrólitos, em sementes pequenas, pode ocorrer num período inferior à 2 horas.

Em estudos conduzidos com sementes de soja, feijão e feijão mungo por Hampton et al. (1992), permitiram observar que na temperatura de embebição correspondente à 25°C, ocorre maior produção de lixiviados em relação à temperatura de 20°C, sem alterar a classificação dos lotes em questão.

Por sua vez, os dados obtidos por Loeffler et al. (1988), com sementes de soja indicaram que quantidades semelhantes de solutos foram liberadas nas três temperaturas testadas (15, 20 e 25°C). No entanto, observou-se que variações correspondentes à 5°C na temperatura da água de embebição, antes da leitura, pode interferir de modo significativo nos resultados obtidos. Assim sendo, as avaliações devem ser realizadas, gradativamente, num curto período de tempo, após a retirada das amostras da câmara (Hampton, 1995).

Por outro lado, esta relação não foi confirmada, quando foram utilizadas sementes de milho embebidas à temperatura de 5 e 25°C (Bochicchio et al., 1991). Não obstante, Marbach e Mayer (1985), estudaram o efeito da temperatura na condutividade de sementes de ervilha, ressaltando que os valores mais elevados de condutividade foram obtidos à 25°C, embora a duração do período de embebição tenha sido maior à temperatura de 5°C.

Normalmente, tem-se recomendado a avaliação da condutividade, após um período de imersão de 24 horas (Dias e Marcos Filho, 1996), para espécies consideradas como de sementes graúdas, tais como ervilha (Bradnock e Matthews, 1970; Scott e Close, 1976), milho (Lin, 1988; Herter e Burris, 1989; Schmitd e Tracy, 1989; Bruggink et al., 1991) e soja (AOSA, 1983; Loeffler et al., 1988; Marcos Filho et al., 1990; Krzyzanowski et al., 1991; Dias e Marcos Filho, 1995), para detecção de diferenças de vigor.

Por outro lado, Edje e Burris (1970) constataram que o teste de condutividade foi capaz de distinguir diferenças nos níveis de qualidade de sementes de soja envelhecidas artificialmente, após 4 horas de embebição à 25°C. Resultados semelhantes foram obtidos por Yaklich et al. (1979), trabalhando com a mesma espécie.

Os efeitos de diferentes períodos de embebição, na condutividade de sementes de soja, também foram estudados por Loeffler et al. (1988), evidenciando que os lotes mais vigorosos podem ser diferenciados após 6 horas de embebição. Porém, em lotes que apresentavam diferenças menos acentuadas de vigor, foram necessários períodos mais longos, variando entre 18 e 24 horas. Esses resultados vêm de encontro às recomendações propostas pela ISTA (Matthews e Powell, 1981) e pela AOSA (1983).

Resultados similares foram obtidos em relação à possibilidade de redução do período de condicionamento das sementes de soja, por Marcos Filho et al. (1990), Dias (1994) e Dias e Marcos Filho (1996). Os pesquisadores

verificaram que períodos mais curtos (8 e 12 horas) podem ser utilizados para a identificação de diferenças mais acentuadas entre lotes, enquanto leituras realizadas a partir de 16 horas mostraram-se mais sensíveis às diferenças de vigor.

Em contrapartida, Wang et al. (1994), trabalhando com sementes de trevo vermelho, mostraram que períodos inferiores a 24 horas proporcionaram resultados conflitantes na classificação dos lotes avaliados, alterando de acordo com o período de embebição.

Avaliando-se a liberação de solutos em sementes de milho envelhecidas artificialmente, Bruggink et al. (1991) constataram que o efeito do envelhecimento somente se mostrou aparente, 10 a 20 horas após o início da embebição.

Por sua vez, no caso de se trabalhar com espécies de sementes pequenas, como as olerícolas, o período de embebição pode ser bastante reduzido. Espécies como aipo, alface e cenoura apresentam cerca de 90% de lixiviação de potássio, num período que varia entre 5 a 15 minutos (Simon e Mathavan, 1986).

É importante salientar que o processo de embebição obedece a um padrão trifásico. A fase I constitui-se num fenômeno essencialmente físico, podendo ser completado rapidamente (Bewley e Black, 1995). Em sementes de milho, a fase I ocorre durante as primeiras 6 horas de embebição (McDonald et al., 1994). Para sementes que armazenam reservas nos cotilédones, a fase se completa de 1 a 2 horas (Bewley, Black, 1995).

A fase II é oito a dez vezes mais longa que a fase I e envolve uma série de eventos metabólicos preparatórios para a protusão da radícula, estabelecendo o início da fase III, marcada pelo início visível da germinação (Bewley e Black, 1995). Considerando que a integridade de membranas tem reflexos diretos sobre a eficiência metabólica da fase II, seria indicado aferir a qualidade fisiológica

das sementes, durante as fases iniciais de embebição (Dias e Marcos Filho, 1995).

O período de embebição pode ser afetado por características morfológicas do tegumento da semente (Powell, 1998), como variações na capacidade de absorção, devido a forma, tamanho e funcionabilidade dos poros, controle da troca de água (Costa et al., 1984), material ceroso que constitui a epiderme do tegumento (Calero et al., 1982), e o grau de aderência da testa ao cotilédone (Powell, 1998).

Em sementes de milho, o processo de embebição pode ser influenciado por diferenças relacionadas à sua composição química, à sua estrutura anatômica (localização do embrião) e à permeabilidade do pericarpo (McDonald, Sullivan, Lauer, 1995).

O grau de umidade, por ocasião do início da instalação do teste, é considerado um fator de grande importância na padronização de sua metodologia, bem como na obtenção de resultados uniformes entre laboratórios, possibilitando assim, a identificação de lotes com diferentes níveis de vigor (Vieira, 1994).

O teor de água inicial encontrado nas sementes, tem apresentado, segundo Hampton et al. (1992), uma relação inversa com a condutividade elétrica. Foi sugerido por Tao (1978), que o teste fosse conduzido com sementes cuja umidade fosse superior a 13%, pois, estudos realizados com sementes de soja, variando em 13, 15 e 19.5% de umidade inicial, apresentaram valores de condutividade semelhantes, ao passo que houve uma significativa elevação nas medidas de condutividade, quando o teor de água inicial foi inferior a 8,8%.

Relatos semelhantes foram feitos por Loeffler et al. (1988) e Hampton (1995), onde foi constatado que sementes de soja apresentando conteúdo de água inferior a 11%, contribuíram para elevar a condutividade elétrica da solução,

sem contudo alterar a qualidade fisiológica das sementes. Esse aumento da condutividade é resultante de danos causados durante uma embebição rápida (Ellis et al., 1990; Powell, 1998).

Diante de tais circunstâncias, os pesquisadores citados acima sugerem que o conteúdo inicial de água seja uniformizado antes de se realizar o referido teste, ou que ocorra um ajuste das leituras de condutividade, por meio de um fator de correção, permitindo assim, padronizar o grau de umidade das sementes.

Alguns estudiosos destacaram a interferência do genótipo nas medidas de condutividade de sementes de ervilha (Powell, Ferguson, Mathews, 1997), sorgo (Costa et al., 1984; Maiti et al., 1985), soja (Panobianco, 1997), feijão (Vieira et al., 1996) e milho (Tao, 1980; Fratin, 1987; Bruggink, Kraak e Benkedam, 1991).

Genótipos distintos geram diferenças significativas nos valores de condutividade elétrica (Vieira et al., 1996; Panobianco e Vieira, 1996), com reflexos na liberação de carboidratos e nitrogênio (Powell, Ferguson, Mathews, 1997), na suscetibilidade a danos causados por embebição, no teor percentual de lignina no tegumento (Alvarez et al., 1997), na aderência do tegumento (Powell, 1998).

A interferência do genótipo, nas leituras de condutividade elétrica de sementes de milho, também foram observadas por Santipracha, Santipracha e Wonguaradon (1997). Trabalhando com sementes de milho doce, Schmidt e Tracy (1989) sugeriram que a combinação genótipo (endosperma com maior teor de açúcar) e tempo de embebição afetam as leituras de condutividade elétrica.

A avaliação simultânea de uma amostra de sementes representativa de uma população apresenta, como desvantagem a não distinção entre amostras de alta qualidade, que apresentam algumas sementes mortas; de outra, apresentando sementes com qualidade inferior (Hepburn et al., 1984; Dias e Barros,

1995). Assim sendo, para amenizar esse problema alguns autores como AOSA (1983); Marcos Filho et al. (1987); Krzyzanowski et al. (1991) e Prete (1992), recomendam a escolha das sementes, excluindo aquelas que se encontram danificadas.

No entanto, Oliveira et al. (1984) relataram que a retirada de sementes danificadas do teste, exclui umas das causas principais da redução da emergência em campo, devendo ser incluídas na avaliação.

Na verdade, Loeffler et al. (1988) consideraram muito subjetivo identificar e selecionar sementes danificadas ou atacadas por fungos, sugerindo que o teste fosse realizado a partir de sementes retiradas da fração de sementes puras. Neste caso, o tamanho da amostra deveria ser aumentado, a fim de diluir os efeitos de eventuais sementes danificadas ou doentes.

Trabalhando com sementes de milho, Fratin (1987) constatou que a vantagem da retirada de sementes danificadas do teste, foi devido à redução dos coeficientes de variação, indicando menor variabilidade entre repetições, pois os tratamentos, com ou sem escolha prévia de sementes, exibiram concordância quanto à classificação em níveis de vigor dos lotes estudados.

Também foi constatado por Illipronti et al. (1997), em estudos realizados com sementes de soja, aumento no coeficiente de variação do teste de condutividade elétrica, em função da ocorrência de sementes danificadas.

Bruggink, Kraak e Bekendam (1991), trabalhando com sementes de milho sem danos e com danificações severas no endosperma e embrião, concluíram que os danos sofridos contribuíram para aumentar, significativamente, a quantidade de substâncias lixiviadas. Segundo os mesmos autores, substâncias localizadas no pericarpo de sementes de milho são responsáveis pelo rápido aumento de eletrólitos lixiviados durante as primeiras horas de embebição.

Experimentos foram conduzidos em soja, para verificar o efeito do tamanho da amostra, nas leituras de condutividade e seus respectivos níveis de vigor, por Loeffler et al. (1988). No primeiro caso, constatou-se que quando a leitura foi expressa em $\mu\text{mhos/cm/g}$, ao invés de $\mu\text{mhos/cm}$, ocorreu apenas uma pequena tendência de alteração nas leituras obtidas, sugerindo que concentrações equivalentes de solutos lixiviam de cada grama de semente, em um volume constante de água, independente do número de sementes presentes. No segundo experimento, foram testadas amostras contendo 25, 50 e 100 sementes. A menor variação entre as leituras foi obtida, quando se utilizou 4 repetições de 50 sementes para todos os níveis de vigor, principalmente em lotes de baixa qualidade. O coeficiente de variação foi reduzido de 19,0 para 9,8%, mesmo sem escolha prévia (Loeffler, 1981). Resultados semelhantes foram obtidos por Hampton et al. (1992), também trabalhando com sementes de soja.

Outro aspecto que tem influenciado nos resultados da condutividade elétrica, é o tamanho das sementes. Estudos mais detalhados têm sido realizados por diversos autores, envolvendo principalmente, sementes de feijão (Matthews e Bradnock, 1968), de ervilha (Bradnock e Matthews, 1970), de soja (Tao, 1978; Loeffler et al., 1988, Illipronti et al., 1997) e milho (Sato e Cícero, 1992).

Tao (1978) constatou que as sementes maiores aumentavam a leitura da condutividade. Entretanto, essa interferência pode ser eliminada através da pesagem das sementes, antes de se iniciar o teste, expressando a condutividade com base no peso das sementes, ou seja, em $\mu\text{mhos/cm/g}$ de sementes (Loeffler et al., 1988; Vieira, 1994). Segundo Hepburn (1984), o uso desse procedimento tem contribuído para a padronização e comparação entre resultados obtidos em diferentes laboratórios.

Segundo Illipronti et al. (1997), as diferenças de tamanho das sementes de soja analisadas aumentaram o coeficiente de variação do teste de

condutividade elétrica. Sementes grandes lixiviam uma maior quantidade de exudatos, em relação às sementes pequenas.

Estudos conduzidos em espécies de sementes pequenas, demonstraram que a liberação de eletrólitos foi pouco significativa quando se empregou o teste de condutividade de massa, visto que os exudatos tornaram-se bastante diluídos na água de embebição, impossibilitando a detecção de diferenças na qualidade fisiológica das sementes (Deswal e Sheoran, 1993).

Quanto à qualidade da água utilizada para realização do teste, Tao (1978) e Loeffler (1981) não observaram diferenças significativas, para sementes de soja, quando se utilizou água destilada ou deionizada. Porém, recomenda-se que a condutividade máxima da água esteja entre 2 a 3 $\mu\text{mhos/cm}$ (Vieira, 1994).

A atividade de patógenos nas sementes pode afetar, significativamente, os resultados da condutividade elétrica (Hampton, 1995). Loeffler et al. (1988), mediram a condutividade da água de embebição em sementes intactas e danificadas de soja, ambas infectadas por *Phomopsis* sp., constatando que as sementes intactas e infectadas não apresentaram aumento na condutividade elétrica da solução, em relação às sementes danificadas e infectadas, que liberaram maior quantidade de eletrólitos na água de embebição.

Quanto ao tratamento fungicida efetuado nas sementes, a AOSA (1983) recomenda sua eliminação antes do início da realização do teste, através de lavagem com metanol. Entretanto, Tao (1980) mencionou em suas pesquisas, que as lavagens com metanol influenciaram nas medidas da condutividade elétrica de sementes de milho, constatando alterações na classificação dos lotes, quanto ao vigor.

Contudo, estudos realizados por McDonald Jr. e Wilson (1979a) e Loeffler et al. (1988) constataram que os resultados da condutividade em sementes de soja sofreram pequeno efeito do tratamento fungicida, tornando

desnecessária as recomendações efetuadas pela AOSA. Em sua revisão sobre condutividade elétrica, Hampton (1995) afirmou que os lotes de sementes podem ser tratados antes de se realizar o teste.

O efeito de outros fatores, tais como volume de água e o tamanho do recipiente de embebição, podem também afetar os resultados obtidos através da condutividade. O volume de água deve ser suficiente para cobrir as sementes e o eletrodo para leitura da condutividade (Vieira, 1994). Reduções no volume da água de embebição aumentam a condutividade elétrica, porém sem efeito sobre a variabilidade dos resultados (Hampton et al. 1992, 1995). Como recipiente de embebição, pode-se usar copos plásticos de 200ml (Vieira, 1994).

Levando-se em consideração as pesquisas realizadas até o momento, percebe-se que as variáveis envolvidas no teste de condutividade elétrica, ainda não se encontram totalmente padronizadas. Existe ainda a necessidade de estudos mais detalhados, objetivando minimizar ou mesmo eliminar a ação dos fatores que interferem na precisão dos resultados (Dias e Barros, 1995), permitindo assim, maior padronização e utilização como teste de rotina, para avaliar a qualidade de sementes de milho.

Outro método utilizado na avaliação da condutividade elétrica das sementes é o individual..

* 2.5 Condutividade elétrica individual

De um modo geral, o procedimento utilizado para avaliar a condutividade elétrica individual é semelhante ao sistema de massa (bulk). As sementes são colocadas para embebição em bandejas, contendo 100 células individuais, às quais adiciona-se água (Vieira, 1994).

A medição da condutividade elétrica da água de embebição é efetuada através do uso de analisadores automáticos de sementes (ASA), que são capazes

de quantificar a passagem de corrente elétrica na solução de embebição, por intermédio de dois eletrodos imersos em cada célula (McDonald Jr. e Wilson, 1979, Krzyzanowski et al., 1991; Hampton, 1995; Sampaio et al. 1995). O resultado da corrente elétrica depende, unicamente, da concentração de íons da solução, sendo expressa em μ amperes μ A (Steere et al., 1981). A informação pode ser gravada em fita ou lida diretamente em um painel digital (Krzyzanowski et al., 1991).

Trata-se de um método mais preciso que o anterior, pois, fornece resultados individuais. No entanto, o seu custo elevado aliado à dificuldade de manutenção do aparelho, limitam o seu uso quase que, exclusivamente, às pesquisas (Dias e Barros, 1996). Os resultados obtidos pelos analisadores automáticos, em μ A, permitem correlacionar as observações numa distribuição de frequência acumulativa (Davidson e Moore III, 1994; Vasconcelos de Assis e Carneiro, 1995).

Dois dos analisadores de sementes mais conhecidos são o ASA-610 e o ASAC-1000 (McDonald Jr. e Wilson, 1979; Miranda, 1981; Wilson e Trawatha, 1991; Tyagi, 1992; Wilson et al., 1992; Sampaio et al. 1995), fabricados pela Agrosience Inc.

Estudos realizados com sementes de soja (McDonald e Wilson, 1980), ervilha (Hepburn et al., 1984), algodão (Smith e Varnil, 1985), feijão (Siddique e Goodwin, 1985), milho (Bekendam et al., 1987, Tracy, 1988; Sampaio et al. 1995), brássicas (Thorton et al., 1990), entre outras, têm ressaltado que o teste de condutividade elétrica individual é capaz de avaliar o vigor em diversas espécies.

Para realização do teste, o fabricante do analisador recomenda a utilização de um valor limite de intensidade de corrente elétrica (ponto de partição), para estimar a germinação de cada espécie, ou seja, separar sementes viáveis de sementes não viáveis (Hepburn, Powell e Matthews, 1984;

Dias e Marcos Filho, 1996). Esse valor de partição é determinado empiricamente de acordo com a espécie em que se está trabalhando (Davidson e Moore III, 1994). Segundo Vasconcelos de Assis e Carneiro (1995), o tamanho da semente influencia a leitura de condutividade. Daí, a necessidade de pontos de partição diferentes para aplicação em espécies de sementes grandes e pequenas.

A recomendação para as culturas do milho e da soja é de $140\mu\text{A}$ e $90\mu\text{A}$, respectivamente (Agrosociencias, 1981). Em sementes de soja, Krzyzanowski e Miranda (1990) conseguiram bons resultados na diferenciação de lotes, quando utilizaram o valor de $50\mu\text{A}$, como ponto de partição. No entanto, Vieira et al. (1992) encontraram padrões de leitura de 328 a $508\mu\text{A/g}$, para lotes de alto vigor de sementes de soja.

A eficiência do analisador ASA-610, em estimar a viabilidade de sementes de soja, foi observada por McDonald Jr. e Wilson (1979), somente em lotes com mais de 80% e menos de 20% de germinação. Esse fato foi atribuído ao ponto de partição entre sementes germináveis e não germináveis, de $90\mu\text{A}$ /semente. Entretanto, apesar dos resultados terem apresentado coeficiente de correlação positivo (0.96) com a condutividade de massa, os limites de intensidade de corrente elétrica necessitam de uma melhor padronização, para determinação da viabilidade e vigor.

Herter e Burris (1989) conseguiram estimar a germinação de sementes de milho, através do analisador ASA-610, verificando que a avaliação mais segura foi efetuada para os lotes de menor qualidade, em relação aos lotes de qualidade superior e intermediário. Dessa forma, esse teste poderia ser utilizado para o descarte de lotes de baixa qualidade.

Trabalhando com sementes de ervilha e soja, Hepburn et al. (1984) preconizaram a necessidade de se intensificar as pesquisas, em relação aos problemas pertinentes ao uso rotineiro do teste de condutividade individual, uma



vez que os resultados obtidos por eles não foram capazes de identificar diferenças nos níveis de vigor.

Os autores também ressaltaram que os genótipos de ervilha, que apresentavam sementes graúdas, exibiram valores de condutividade mais altos, em relação aos genótipos de sementes pequenas, sugerindo que a utilização de um único ponto de partição não é apropriado para avaliar diferentes cultivares. Resultados pouco consistentes, na seleção de um único valor limite para separação de níveis de vigor em sementes de algodão e soja, foram conseguidos por Hopper e Hinton (1987) e Dias (1994).

Segundo salientado por Krzyzanowski e Miranda (1990), o Comitê de Vigor da Associação Brasileira de Tecnologia de Sementes, no programa de aferição de testes de vigor para sementes de soja, em 1990, concluiu que o teste de condutividade individual, para viabilidade, com leitura em $90\mu\text{A}$, apresentou reprodutibilidade, tornando possível a sua utilização rotineira na avaliação de sementes de soja.

Por outro lado, dificuldades foram encontradas para o estabelecimento de valores limite específicos para a estimativa da viabilidade e do vigor de sementes de soja, ocorrendo variações em função da duração do período de embebição (Dias, 1994). Os valores abaixo de $80\mu\text{A}$ promoveram a separação dos lotes após 16 horas de condicionamento, sendo que a obtenção de informações rápidas só foi possível nos limites situados abaixo de $60\mu\text{A}$. Foi observado ainda que o ASA-610 mostrou-se sensível em identificar, com segurança, o lote de pior desempenho (Dias e Marcos Filho, 1995).

Em estudos realizados com sementes de ervilha, Mullet e Wilkinson (1979) correlacionaram o teste de condutividade individual, com a germinação e crescimento de plântulas e de plantas, obtendo resultados que permitiram a identificação de lotes com maior velocidade de emergência e crescimento inicial de plântulas. Dias (1994), por sua vez, constatou que o teste de condutividade

elétrica individual (ASA-610) foi um indicador eficiente da emergência de plântulas em campo, utilizando sementes de soja.

Waters Jr. e Blanchette (1983) e Tracy e Juvik (1988), trabalhando com sementes de milho doce, revelaram que o teste de condutividade individual correlacionou-se com a emergência em campo. A combinação entre os resultados obtidos através do teste de envelhecimento e condutividade individual, com o analisador ASA-610, também foi eficiente em estimar o estande final de sementes de milho doce, segundo Wilson e Trawatha (1991) e Wilson et al. (1992).

De acordo com as observações realizadas por Tracy e Juvik (1988), o teste de CE individual pode ser utilizado como ferramenta em programas de melhoramento, auxiliando na seleção de sementes de milho doce (sh2), com melhor potencial de desenvolvimento em campo. O teste mostrou-se bastante eficiente, rápido e altamente correlacionado com a emergência em campo.

Com o objetivo de estudar o uso da condutividade elétrica para medir o vigor de plântulas de milho doce, Schmidt e Tracy (1989) testaram diferentes tempos de embebição, concluindo que 24 horas foi o período em que as sementes apresentaram maiores diferenças de vigor. Além do tempo de embebição, foi observado que tanto o genótipo como o tipo de endosperma afetam a condutividade elétrica.

Trabalhando com o analisador ASAC-1000, objetivando prever a viabilidade e o vigor de sementes de milho doce (sh2), Wilson Jr. (1992) concluiu que a condutividade dos eletrólitos liberados na solução foi um bom indicador utilizado para predição da emergência em campo.

O uso do analisador ASAC-1000, na avaliação de três cultivares de soja, permitiu observar uma boa correlação entre os resultados obtidos através da condutividade e o teste de germinação padrão (Tyagi, 1992).

Sementes de soja, com diferentes níveis de danos mecânicos e envelhecidas artificialmente, foram avaliadas através do analisador ASA-610, detectando alterações na viabilidade, quando comparadas ao teste de germinação que, segundo McDonald Jr. e Wilson (1980), pode ser considerado de grande utilidade em programas de controle de qualidade de empresas produtoras de sementes. Resultados similares foram observados para sementes de soja, feijão e algodão, em estudos conduzidos por Steere et al., (1981).

Smith e Varnil (1985) procuraram avaliar o efeito de 25 tratamentos fungicidas, 4 pontos de partição e de temperaturas de embebição, em sementes de algodão, através do ASA-610. Os resultados evidenciaram que, dos 25 fungicidas testados, 20 não interferiram nas leituras após 19 horas de embebição, quando o valor limite foi de $55\mu\text{A}$. Com relação às sementes deslindadas com ácido, os resultados não se correlacionaram com a germinação.

Estudos realizados mais recentemente com o analisador ASAC-1000, utilizando sementes de milho e de pimentão, constataram que a interferência de fungicidas pode ser eliminada, quando se procede a lavagem das sementes em água corrente, por 12 minutos. Além disso, foi constatado que o volume de água nas células da bandeja pode variar entre 0.5 e 3.5ml, sendo que a uniformidade de preenchimento das células torna-se mais importante do que o volume depositado nas mesmas. Também foi observado que o aumento no volume líquido da célula, acompanhado de baixa concentração iônica da solução, não interfere significativamente na leitura de condutividade (Sampaio, Gimenez-Sampaio e Duran, 1995).

Pelo exposto, verifica-se que tanto o sistema de massa, como o individual, necessitam de ajustes em sua metodologia, com o intuito de reduzir o tempo de condicionamento e o número de sementes utilizadas, possibilitando assim, fornecer resultados cada vez mais rápidos, precisos e práticos sobre a

qualidade fisiológica das sementes de diferentes lotes de milho, para uso rotineiro em laboratórios e em empresas produtoras de sementes.

3 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido no laboratório de Análise de Sementes do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras (UFLA), em Lavras - MG, e no Centro Nacional de Pesquisas de Soja (CNPSo), Londrina - PR, a partir de julho de 1996. O estudo constou da avaliação de sementes de milho produzidas na safra 95/96, em diferentes localidades, num total de oito lotes. As sementes foram divididas em dois níveis de qualidades, sendo uma delas, envelhecida artificialmente, à temperatura de 42°C por 72 horas, e a outra, não envelhecida. As sementes envelhecidas foram secas à sombra e mantidas em condições de ambiente.

3.1 Sementes utilizadas

Foram utilizadas sementes dos lotes das cultivares BR201, BR3123 e BR205; C808, C901 e C701; AG405 e AG122 (Tabela 1), recomendadas para plantio na região Sul do Estado de Minas Gerais, produzidas pelo Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo (CNPMS), em Sete Lagoas (MG); e pelas empresas produtoras de sementes: Sementes Cargill S.A., unidade de Andirá (PR) e Sementes Agrocere S.A., unidade de Santa Cruz das Palmeiras (SP).

Após a recepção, os lotes de sementes foram então homogeneizados, utilizando-se um divisor tipo Gamet, e submetidos a diversos testes e determinações, para avaliação de sua qualidade.

Tabela 1. Características das lotes de milho submetidas aos testes de avaliação da qualidade das sementes. UFLA, Lavras - MG, 1999.

Lote	Híbrido	Ciclo	Grão	Coloração	Porte	Peneira
BR 201	duplo	precoce	semiduro	amarela	médio	18
BR 3123	triplo	precoce	semiduro	amarela	médio	18
BR 205	duplo	precoce	semiduro	amarela	médio	20
AG 122	duplo	precoce	semidentado	amarela	médio	22
AG 405	duplo	precoce	semiduro	alaranjada	médio	22
C 808	triplo	superprecoce	semiduro	alaranjada	médio/baixo	22
C 901	simples	superprecoce	semidentado	amarela	baixo	20
C 701	duplo	precoce	semiduro	alaranjada	médio/alto	22

3.2 Caracterização dos Lotes

Na caracterização dos lotes de sementes de milho não envelhecidas (NE) e envelhecidas (E) foram utilizados os seguintes testes e determinações:

3.2.1 Determinação do Grau de Umidade

Foi efetuado pelo método de estufa à 105°C por 24 horas utilizando-se duas subamostras para cada lote, conforme as prescrições contidas nas Regras para Análise de Sementes - R.A S. (Brasil, 1992).

3.2.2 Teste de Germinação (TPG)

Foi realizado com 8 subamostras de 50 sementes, para cada lote, semeadas em papel toalha do tipo Germitest, no sistema de rolo, umedecidos com uma quantidade de água equivalente a 2,5 vezes o peso do substrato seco. Os rolos foram acondicionados em germinador mantido à temperatura constante de 25°C. A avaliação foi efetuada aos 4 e 7 dias após a semeadura, seguindo os critérios estabelecidos pelas Regras para Análise de Sementes (Brasil, 1992).

3.2.3 Primeira Contagem do Teste de Germinação (PC)

Utilizando-se a metodologia descrita para a germinação, foram analisados os resultados obtidos no 4º dia após a semeadura, avaliando-se o vigor das sementes. Foram registradas, somente, as plântulas que se apresentaram normais (Popinigis, 1985).

3.2.4 Teste de Envelhecimento Artificial (EA)

Foi utilizada a metodologia desenvolvida por McDonald e Phaneendranath (1978), adotada pela AOSA (1983) e complementada por Marcos Filho, Cícero e Silva (1987 e 1994). Duas subamostras de 200 sementes por lote foram colocadas em caixas do tipo gerbox, contendo 40 ml de água destilada, sob tela de alumínio, distribuídas em uma única camada.

Os gerbox foram então mantidos em uma incubadora do tipo BOD, regulada à 42°C durante 96 horas. Após esse período, as sementes foram

colocadas para germinar , conforme as prescrições contidas nas R.A S. (Brasil, 1992), para o teste de germinação padrão.

Foi efetuada também a determinação da umidade das sementes, após envelhecimento, de acordo com a metodologia descrita no item 3.2.1.

3.2.5 Teste Frio (TF)

Foi realizado em bandejas (48 x 33 x 10cm), contendo uma mistura de 2/3 de areia e 1/3 de terra retirada da camada arável, em área cultivada com milho, ajustando-se a umidade do substrato para 60% da capacidade de campo, conforme prescrições da ISTA (1995). Foram utilizadas 400 sementes por lote distribuídas em 4 subamostras de 100.

Após a semeadura, as bandejas foram mantidas em câmara fria , regulada à temperatura de 10°C, por 7 dias. Para a manutenção da umidade do substrato, as bandejas foram acondicionadas em sacos plásticos. Ao término desse período, as bandejas foram transferidas para a câmara de crescimento vegetal, à temperatura controlada de 25 + 2°C, em regime alternado de luz e escuro (12 horas). Passados 14 dias após a semeadura, foi computado o número de plântulas normais emergidas.

3.2.6 Índice de Velocidade de Emergência (IVE)

A semeadura foi realizada em canteiro de terra e areia na proporção de 2:1, utilizando-se 400 sementes por lote. A partir do início da emergência, foram realizadas avaliações diárias, onde foi computado o número de plântulas

emergidas. O cálculo do índice de velocidade de emergência foi realizado conforme descrito por Popinigis (1985).

3.2.7 Estande Final (EF)

Utilizou-se a mesma metodologia descrita do item 3.2.6, sendo que a avaliação do número de plântulas emergidas foi efetuada aos 21 dias, após a semeadura (Popinigis, 1985).

3.2.8 Peso da Matéria Seca de Plântulas (PS)

O teste foi realizado conforme metodologia citada no item 3.2.6. As plântulas foram cortadas reite ao solo, com o auxílio de uma tesoura, 21 dias após a semeadura, colocadas em saco de papel, e secadas em estufa com circulação de ar aquecido (45°C), até atingirem peso constante (Popinigis, 1985).

3.2.9 Teste de Sanidade (TS)

Para avaliação da sanidade dos lotes, foi adotado o método do papel de filtro modificado com congelamento, descrito por Menten (1988). Foram analisadas 400 sementes por lote, distribuídas em 16 subamostras de 25 sementes por placas de petri de 15 cm de diâmetro, contendo três folhas de papel de filtro umedecidas com água destilada e autoclavada.

Após permanecerem por 24 horas em incubação, à temperatura de $20 \pm 2^\circ\text{C}$, sob regime de 12 horas de escuro e 12 horas de luz, as placas foram transferidas para o freezer, à temperatura de -18°C , onde permaneceram por mais 24 horas. Passado esse período, as placas foram novamente submetidas à incubação, onde permaneceram por mais 5 dias.

A identificação e o cálculo da porcentagem de microrganismos presentes nas sementes foi realizada com o auxílio de um microscópio estereoscópico.

3.2.10 Grau de Carunchamento (GC)

Foi conduzido com 4 subamostras de 100 sementes por lote, retiradas ao acaso da amostra média, conforme prescrições contidas nas Regras para Análise de Sementes (Brasil, 1992).

3.2.11 Identificação de Sementes com Danos Mecânicos (DM)

A incidência de danos mecânicos foi determinada, utilizando-se 400 sementes, 4 subamostras de 100 sementes, imersas em uma solução do corante Amaranthus ($\text{C}_{20}\text{H}_{11}\text{N}_2\text{Na}_3\text{O}_{10}\text{S}_3$ - PM 604,5), à concentração de 0,1%, durante 2 minutos, conforme descrito por Brandão Jr. et al. (1994).

Decorridos 2 minutos, as sementes foram retiradas da solução, lavadas em água corrente e colocadas para secar sobre folhas de papel toalha.

A avaliação foi realizada nas sementes, individualmente, com o auxílio de uma lupa, adotando-se o critério de sementes sem danos e sementes danificadas.

3.2.12 Teste de Tetrazólio (TZ)

O teste foi realizado com 400 sementes por lote, distribuídas em 4 subamostras. As sementes foram pré-condicionadas em papel toalha umedecidos, em germinador a 30°C, durante 18 horas. Decorrido o prazo, as sementes foram seccionadas longitudinalmente, transferidas para copos plásticos (200ml) e submersas em solução do sal de tetrazólio (2,3,5 trifênil cloreto de tetrazólio) a 0,075%. Os copos plásticos foram mantidos no escuro, em câmaras do tipo BOD, reguladas a 30°C, durante 3 horas. "

Desenvolvida a coloração, as sementes foram então lavadas em água corrente e avaliadas, individualmente, conforme os critérios de interpretação propostos por Dias e Barros (1994), para nível de vigor, e conforme Brasil (1982), para viabilidade. Foram computadas as porcentagens de sementes viáveis (nível de qualidades de 1 a 5) e de sementes vigorosas (nível de qualidade de 1 a 3).

3.2.13 Teste do pH do exudato ou de Fenolftaleína (pHe)

Foi realizado, segundo a metodologia descrita por Santana (1994), utilizando-se 8 subamostras de 25 sementes por lote. As sementes analisadas foram escarificadas mecanicamente, com o auxílio de uma lixa e colocadas para embeber em bandejas plásticas, com células individuais de fundo côncavo (2,7 cm de diâmetro e 1,8 cm de profundidade), contendo água deionizada. As bandejas foram mantidas em uma incubadora tipo BOD, à temperatura de 25°C por 30 minutos.

Decorrido o tempo de embebição, as bandejas foram retiradas da incubadora e, então, foram adicionadas em cada célula uma gota da solução de

Fenolftaleína, a 1% e uma de Carbonato de Sódio Anidro (Na_2CO_3), a 0,8g/l. A avaliação foi efetuada conforme metodologia descrita por Amaral e Peske (1984), em função da coloração desenvolvida. A tonalidade rosa forte correspondeu às sementes viáveis que produzirão plântulas normais; rosa claro, sementes viáveis correspondendo a plântulas anormais; e incolor sementes mortas.

3.2.14 Emergência em Campo (EC)

Foi conduzido com 4 subamostras de 100 sementes por lote, sendo que cada parcela foi constituída por uma linha de 2m de comprimento. O espaçamento utilizado foi de 0,5m entre sulcos, 0,05m de profundidade e 0,04m entre plantas. As sementes foram cobertas por uma camada de 0,02m de solo. A emergência das plântulas foi computada 15 dias após a semeadura, avaliando-se o número de plântulas emergidas (Fratin, 1987).

3.3 Métodos de Condutividade Elétrica

→ 3.3.1 Condutividade Elétrica de Massa com 25 sementes (CE - 25S)

Para essa avaliação, foi utilizado o procedimento proposto pelo Comitê de Vigor da AOSA (1983), relatado por Marcos Filho et al. (1987). Dezesesseis subamostras de 25 sementes por lote, dentro dos dois níveis de qualidade de sementes, foram pesadas com precisão de duas casas decimais (0,01g) e colocadas para embeber em copos plásticos (200ml), contendo 75ml de água deionizada (< 2,0 µmhos/cm de condutividade). As sementes foram mantidas

em incubadora do tipo BOD, à temperatura constante de 25°C, onde permaneceram por diferentes períodos de embebição: 12, 18, 24 e 30 horas.

Decorrido o período de condicionamento, a condutividade elétrica da solução foi medida através de leitura em um aparelho condutivímetro Digimed CD-21, com resultados expressos em $\mu\text{S}/\text{cm}/\text{g}$ de semente. A leitura de cada subamostra foi realizada logo após a retirada do material da incubadora, de modo gradativo, agitando-se, cuidadosamente, cada recipiente, com o intuito de uniformizar os eletrólitos lixiviados na solução.

3.3.2 Condutividade Elétrica de Massa com 50 sementes (CE - 50S)

Foi adotada uma metodologia alternativa ao procedimento sugerido pela AOSA (1983), descrito por Loeffler, Tekrony e Egli (1988).

Oito subamostras de 50 sementes por lote, pesadas com precisão de 0,01g, foram colocadas em copos plásticos (200ml), contendo 75 ml de água deionizada. Em seguida, foram colocadas em uma incubadora do tipo BOD, regulada a 25°C, por períodos distintos de embebição, a saber: 12, 18, 24 e 30 horas. A condutividade elétrica das soluções foi medida de acordo com o item 3.3.1.

3.3.3 Condutividade Elétrica Individual (CEI)

Para a realização desse teste, foi utilizado um analisador de sementes automático-eletrônico - modelo ASA-610, que determina a condutividade elétrica da solução de lixiviados das sementes, individualmente, estimando de forma indireta a sua qualidade fisiológica. Os procedimentos adotados foram

aqueles recomendados pelo manual do equipamento (Agrosiences, 1979), associados à metodologia descrita por McDonald Jr. e Wilson (1979).

Foram analisadas quatro subamostras de 100 sementes por lote, colocadas de forma individual em cada uma das 100 células da bandeja plástica que acompanha o equipamento, adicionando-se água deionizada até a equalização, com o prato nivelador. A seguir, as bandejas foram dispostas em germinadores à temperatura constante de 25°C, por períodos distintos de embebição: 12, 18, 24 e 30 horas.

A condutividade individual das sementes foi determinada através do aparelho ASA-610. Para tanto, um ponto de condutividade contendo 100 pares de eletrodos foi colocada sobre a bandeja de embebição, de modo que cada par permanecesse imerso no lixiviado da semente. O ponto de partição (intensidade de corrente elétrica) utilizado, foi o recomendado pelo manual do equipamento, para sementes de milho, 140µA/semente.

A estimativa da viabilidade de cada lote foi representada pelo número de sementes cujos exudatos apresentaram valores de corrente elétrica inferior ao ponto de partição. Os resultados foram expressos em porcentagem, estimando-se as porcentagens de germinação das subamostras.

3.4 Delineamento Experimental

Os dados equivalentes à determinação do grau de umidade e carunchamento não foram analisados estatisticamente. Os dados referentes aos testes de germinação padrão (TPG), primeira contagem (PC), envelhecimento artificial (EA), tetrazólio (TZVb e TZVg), sanidade (TS), peso da matéria seca de plântulas (PS), pH do exudato (pHe), dano mecânico (DM) e índice de vigor (IVg), foram analisados segundo delineamento inteiramente casualizado. Os valores relativo ao índice de vigor (IVg) foram obtidos pelo somatório dos

resultados provenientes dos demais testes de vigor aplicados, à exceção do tetrazólio potencial de viabilidade (TZVb) e dano mecânico (DM).

Para os testes de frio (TF), índice de velocidade de emergência (IVE), estande final (EF), e emergência em campo (EC), foi adotada a análise em blocos casualizados. Todos os dados obtidos em porcentagem foram transformados em arcsen raiz de $x/100$; sendo as médias obtidas, comparadas pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Os dados relativos aos testes de condutividade elétrica de massa e condutividade elétrica individual foram analisados através de regressões polinomiais, sendo representadas pelas curvas com maior grau de significância.

Foram também calculados os coeficientes de correlação simples (r), para todas as combinações, entre os testes de condutividade (de massa e individual) e os demais testes utilizados na caracterização dos lotes de sementes. A significância dos valores de r foi determinada pelo teste t , a 5 e 1% de probabilidade. O programa SISVAR 3.03 foi utilizado para análise dos dados obtidos.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Avaliação da qualidade

Os valores médios relativos às determinações do grau de umidade e percentual de carunchamento podem ser observados na Tabela 9. Os resultados apresentados para os dois níveis de qualidade de sementes, envelhecida (E) e não envelhecida (NE), revelam uniformidade em relação ao grau de umidade, e um nível de infestação por insetos, variando de 0,0 a 2,0%, nas amostras testadas.

Considerando que a uniformização do teor de água é imprescindível para a padronização das avaliações e obtenção de resultados consistentes (Loeffler, Tekrony e Egli, 1988 e Vieira, 1994), foi observado que o conteúdo inicial de água das sementes se encontrava dentro do ajuste recomendável de 10 a 14% , para execução dos testes (Oliveira e Carvalho, 1998). Com relação ao percentual de sementes infestadas, todos os lotes se encontravam dentro dos padrões exigidos para a comercialização de sementes de milho no Estado de Minas Gerais (CESM - MG, 1998/1999).

A análise de variância dos resultados de sanidade dos lotes, realizado pelo método de papel de filtro, mostrou efeitos altamente significativos, em relação à resposta dos lotes avaliados quanto à porcentagem de contaminação, variando em função dos dois níveis de qualidade de sementes testadas.

Os resultados médios referentes ao teste de sanidade, (Tabela 10), revelaram um maior percentual de contaminação pelos fungos dos gêneros *Aspergillus spp* e *Diplodia maydis*. Com o envelhecimento das sementes, foi observado um aumento da incidência de *A. flavus*, *A. glaucus* e *A. niger*, e uma diminuição da incidência de *Diplodia maydis*, em todos os lotes testados. Isso

pode ser explicado pelas condições de alta temperatura e umidade relativa a que foram submetidas as sementes durante o envelhecimento artificial, favorecendo o desenvolvimento de patógenos do gênero *Aspergillus spp*, que ocorrem numa vasta faixa de temperatura, tendo como ideal 25 a 30°C, para sementes amiláceas (Wetzel, 1987). Em contrapartida, condições de altas temperaturas e umidade relativa podem ter sido prejudiciais para o desenvolvimento do fungo *D. maydis*, durante o processo de envelhecimento artificial (Lucca Filho, 1987).

Geralmente, as espécies de *Aspergillus spp* depreciam a qualidade das sementes durante o armazenamento, causando reduções ou perda da capacidade germinativa, descoloração, apodrecimento e aquecimento da massa de sementes, culminando com o aumento da velocidade de deterioração (Machado, 1988). Já a *Diplodia maydis* é um patógeno que induz sintomas como podridão do colmo e espiga, podendo sobreviver no interior da semente, causando o seu apodrecimento devido à destruição do embrião antes da germinação, como também a morte de plântulas nos estádios de pré e pós emergência (Lucca Filho, 1987).

Pelo resumo das análises de variância dos dados obtidos nos testes utilizados para avaliar a qualidade dos lotes de sementes de milho (Tabelas 1A e 2A), foram observados efeitos altamente significativos, em relação às respostas dos diferentes lotes, quanto à sua qualidade, em função do envelhecimento a que foram submetidos, para a maioria das avaliações efetuadas.

As médias originais relativas ao desdobramento das interações lotes e níveis de qualidade de sementes podem ser observadas na Tabela 11. Diante dos valores apresentados, pode ser observada a separação dos lotes dentro de cada nível de qualidade.

Pelos resultados do índice de vigor (IVg), germinação (TPG), primeira contagem (PC), envelhecimento artificial (EA), teste frio (TF), pH do exudato (pHE) e emergência em campo (EC), foi observado que as sementes do lote

Tabela 9. Valores médios (%) encontrados nas determinações do grau de umidade (U) e percentual de carunchamento (GC) para os lotes de sementes de milho não envelhecidas (NE) e envelhecidas (E). UFLA, Lavras - MG, 1999.

Lotes	Nível Qualidade	U (%)	G.C. (%)
BR 201	NE	10,76	0
	E	11,24	0
BR 3123	NE	10,88	1
	E	12,05	2,0
BR 205	NE	11,14	1,0
	E	12,11	1,0
AG 122	NE	10,75	0
	E	11,58	0
AG 405	NE	10,63	0
	E	11,14	0
C 808	NE	10,34	0
	E	11,01	0
C 901	NE	10,90	0
	E	11,24	0
C 701	NE	10,03	0
	E	11,07	0

Tabela 10. Valores médios (%) de recuperação de patógenos nas sementes de milho não envelhecidas (NE) e envelhecidas (E) pelo teste de sanidade (TS), método papel de filtro. UFLA, Lavras - MG, 1999.

Lotes	Nível de qualidade	Patógenos							
		<i>A. flavus</i>	<i>A. glaucus</i>	<i>A. niger</i>	<i>A. ochraceous</i>	<i>C. maydis</i>	<i>D. maydis</i>	<i>F. moniliforme</i>	<i>Penicillium sp.</i>
BR 201	NE	2,0 a	2,0 a	1,5 a	0,0 a	0,0 a	10,0 b	0,5 a	0,9 a
BR 3123		33,0 d	33,0 d	2,0 a	4,0 b	0,0 a	4,0 ab	0,0 a	0,0 a
BR 205		5,0 b	5,0 b	0,5 a	0,0 a	3,0 b	37,0 c	0,5 a	0,3 a
AG 122		11,0 c	11,0 c	1,0 a	0,0 a	0,0 a	8,0 b	0,2 a	43,0 b
AG405		0,3 a	0,3 a	0,3 a	0,2 a	0,0 a	8,0 b	0,0 a	0,0 a
C 808		26,0 d	26,0 d	29,0 c	4,0 b	0,0 a	28,0 c	0,0 a	0,0 a
C 901		0,5 a	0,5 a	2,5 a	0,2 a	0,0 a	2,0 a	0,0 a	0,0 a
C 701		0,8 a	0,8 a	11,0 b	0,2 a	0,0 a	40,0 c	0,0 a	0,0 a
BR 201	E	95,0 c	95,0 c	47,0 b	5,0 b	0,0 a	6,0 bc	0,0 a	0,0 a
BR 3123		85,0 c	85,0 c	85,0 c	6,0 b	0,0 a	0,6 a	0,0 a	0,8 ab
BR 205		92,0 c	92,0 c	11,0 a	0,0 a	0,0 a	8,0 c	0,0 a	0,0 a
AG 122		87,0 c	87,0 c	82,0 c	1,0 a	1,0 ab	1,0 ab	0,3 a	3,0 c
AG405		92,0 c	92,0 c	17,0 a	8,0 b	3,0 b	4,0 abc	0,0 a	0,0 a
C 808		8,0 a	91,0 c	78,0 c	22,0 c	2,0 ab	0,5 a	0,0 a	0,0 a
C 901		12,0 b	12,0 a	86,0 c	1,5 a	1,0 ab	0,3 a	0,0 a	0,0 a
C 701		31,5 c	31,5 b	94,0 c	0,8 a	9,0 ab	0,2 a	0,0 a	0,0 a
F		131,11 **	54,32 **	35,41 **	10,62 **	6,73 **	20,27 **	2,25 *	42,25 **
CV(%)		17,03	15,37	21,38	45,51	52,27	40,47	21,09	47,53
DMS(5%)		0,95	0,93	1,14	0,88	0,71	1,23	0,24	0,75

Médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

** - significativo ao nível de 1% de probabilidade.

C 808 se destacaram em relação às demais, tanto nas sementes não envelhecidas como após o envelhecimento. Os lotes de sementes das cultivares C 901, AG 122 e AG 405 apresentaram qualidade inferior às demais, tanto para as sementes envelhecidas (E), como para as não envelhecidas (NE) (Tabela 11).

Os valores obtidos no teste de dano mecânico (DM), dentro dos dois níveis de qualidade testados, revelaram uma maior incidência de danos nas sementes provenientes do lote AG 405 (Tabela 11), a exemplo dos resultados obtidos pelo envelhecimento artificial (EA) e pH do exudato (pHE). Provavelmente, essa alta incidência contribuiu para a redução da qualidade fisiológica das sementes, em função de aumentos significativos na quantidade de substâncias lixiviadas no meio aquoso e pelo fato das sementes apresentarem uma maior superfície de contato, devido à sua classificação (peneira 22), tomando-as mais susceptíveis às injúrias mecânicas, durante a operação de colheita. Resultados semelhantes foram observados por Bruggink, Kraak e Bekendam (1991), em sementes de milho.

De modo geral, os valores da Tabela 11 apresentam uma tendência em considerar o lote C 808 superior aos demais, nos dois níveis de qualidade testados. Ao mesmo tempo, essa tendência apontou os lotes AG 122, AG 405 e C 901 como menos vigorosos. Esse mesmo comportamento também pode ser observado na tabela 5 A, para os valores médios resultantes das avaliações efetuadas para caracterização da qualidade das sementes de diferentes cultivares, independente de serem ou não envelhecidas.

Com relação aos dois níveis de qualidade testados, foi observada a superioridade das sementes não envelhecidas (NE) sobre as envelhecidas (E), em todos os testes realizados para traçar o perfil dos lotes estudados. Provavelmente, as condições de alta temperatura e umidade relativa a que foram expostas as sementes, durante o processo de envelhecimento, determinaram um declínio progressivo de sua qualidade. Segundo Marcos Filho e McDonald

TABELA 11. Valores médios originais (%) relativos aos resultados do índice de vigor (IVg), pH do exudato (pHE), germinação (TPG), primeira contagem (PC), envelhecimento artificial (EA), tetrazólio vigor (TZV) e viabilidade (TZVB), frio (TF), peso matéria seca de plântulas (PS) em gramas, índice de velocidade de emergência (IVE), estande final (EF), emergência em campo (EC), e dano mecânico (DM). UFLA, Lavras - MG, 1999.

Lotes	Nível de Qualidade	Testes												
		IVg	pHE	TPG	PC	EA	TF	TZVg	TZVb	IVE	EF	PS	EC	DM
C 808	NE	748 a	76 a	100 a	100 a	82 a	94 a	84 bc	97 a	14,58 a	100 a	15,00 abc	82 a	43 c
BR 3123		704 ab	68 ab	96 b	96 b	64 bc	89 ab	79 c	96 a	14,20 a	98 a	18,36 a	81 a	18 a
BR 201		717 ab	65 ab	98 ab	98 ab	69 b	90 ab	86 ab	97 a	15,18 a	100 a	13,70 bc	82 a	43 c
AG 122		623 c	66 ab	98 ab	98 ab	33 d	46 c	81 bc	98 a	13,73 a	99 a	16,13 ab	72 ab	35 b
BR 205		676 bc	59 b	98 ab	98 ab	70 b	81 b	83 bc	99 a	14,55 a	98 a	11,58 c	63 b	50 cd
AG 405		675 bc	57 b	98 ab	97 b	41 d	81 b	91 a	97 a	14,55 a	100 a	14,24 c	82 a	52 d
C 701		677 bc	57 b	99 ab	99 ab	62 bc	79 b	71 d	98 a	13,84 a	100 a	16,05 ab	80 a	44 c
C 901		659 bc	52 b	97 b	97 b	55 c	81 b	69 d	97 a	13,88 a	99 a	11,74 c	83 a	45 cd
C 808	E	651 a	73 a	94 a	90 a	41 a	78 a	78 a	92 ab	12,87 ab	96 ab	14,98 ab	73 a	44 bc
BR 3123		611 ab	62 ab	91 ab	84 a	46 a	72 ab	61 b	93 ab	12,36 abc	98 a	18,51 a	66 ab	18 a
BR 201		618 a	59 abc	92 ab	89 a	67 a	75 a	51 c	91 ab	13,39 a	94 abc	13,12 bc	64 ab	45 cd
BR 205		557 a	53 bcd	85 bcd	83 a	37 ab	68 ab	65 b	89 ab	12,93 ab	91 bcd	10,75 c	51 bc	51 cde
AG 122		478 c	45 cd	80 de	73 b	19 d	66 ab	48 c	85 b	11,48 bc	86 cd	12,91 bc	37 c	37 b
AG 405		493 c	44 cd	76 e	73 b	21 cd	48 c	67 b	87 ab	12,16 abc	81 d	11,90 bc	56 ab	56 e
C 701		543 bc	37 d	90 abc	85 a	29 bc	58 bc	62 b	95 a	12,60 abc	96 ab	14,80 ab	59 ab	52 de
C 901		486 c	37 d	83 cde	74 b	25 cd	46 c	66 b	90 ab	10,80 c	85 cd	10,19 c	49 bc	46 cd
F		8,44**	3,53**	4,89**	4,87**	7,96**	11,30**	21,89**	2,18*	4,04**	5,78**	4,49**	6,41**	10,69**
CV (%)		3,17	13,13	5,47	5,17	8,76	7,32	3,90	4,79	6,07	5,02	12,01	8,43	7,70
DMS (5%)		68,89	16,74	6,36	5,85	5,78	9,68	5,08	8,19	1,82	8,96	3,78	10,43	7,29

Médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%

** - significativo ao nível de 1%. * - significativo ao nível de 5%. ns - não significativo.

observação concorda com as afirmativas feitas por Oliveira e Carvalho (1998), de que os testes de vigor permitem uma avaliação mais sensível da qualidade.

* 4.2. Testes de condutividade elétrica

Com relação aos valores de F, obtidos nas análises de variância, relativas aos testes de condutividade de massa, com amostras de 25 e 50 sementes e individual (Tabela 3A), foram observados efeitos altamente significativos, para os diferentes lotes e níveis de qualidade (sementes envelhecidas e não envelhecidas), para todos os tempos de condicionamento estudados.

Os valores médios obtidos pelos testes de condutividade elétrica, com amostras compostas de 25 (CE - 25S) e 50 (CE - 50S) sementes (Tabela 12), mostram a superioridade em relação à qualidade das sementes dos lotes das cultivares C 808, BR 3123 e BR 201 e a inferioridade das sementes dos lotes C 901 e AG 405, em todos os períodos de embebição testados, tanto para as sementes envelhecidas, como não envelhecidas. No entanto, com relação aos lotes de qualidade intermediária, foi verificada a alteração na classificação da qualidade nos quatro tempos de condicionamento testados, para sementes envelhecidas (E) e não envelhecidas (NE), para os dois tamanhos de amostras considerados. Segundo Loeffler, Tekrony e Egli (1988), lotes que apresentam diferenças de vigor menos acentuadas, necessitam de períodos mais longos de condicionamento, para que seja detectada diferença de qualidade entre os mesmos.

Os resultados revelaram a mesma tendência na separação dos lotes, em diferentes níveis de qualidade fisiológica, tanto para 25 como para 50 sementes por amostra.

(1998), esse declínio de viabilidade pode culminar com a morte das sementes. Desse modo, lotes com baixo vigor tendem a apresentar redução maior da viabilidade, em relação aos lotes mais vigorosos ou que não tenham sido submetidos ao envelhecimento.

Outro fator a ser considerado diz respeito à interferência do genótipo. Determinados lotes apresentam maior sensibilidade ao estresse imposto pelo envelhecimento, fazendo com que diferenças de qualidade aparentemente fisiológicas sejam na verdade, devidas a características genotípicas (Marcos Filho, 1998). Por outro lado, as condições apresentadas por ocasião das etapas de produção, colheita, processamento e armazenamento, também podem contribuir para a perda da qualidade das sementes.

Informações obtidas por Lin (1990), Basavarajappa, Shetty e Prakash (1991) e Gutierrez et al. (1993), com sementes de feijão e milho, revelaram que a exposição das sementes a altas temperaturas e umidade relativa, provocam sérias alterações degenerativas no metabolismo das sementes, desencadeadas pela desestruturação e perda da integridade do sistema da membranas, causado principalmente pela peroxidação de lipídios.

Além da perda de compartimentalização celular (Roberts, 1973), a desintegração do sistema de membranas promove o descontrole das trocas de água e soluto, entre a célula e o meio externo, determinando, assim, a queda da viabilidade das sementes (Priestley et al., 1985; Bewley, 1986; Carvalho, 1994 e Coolbear, 1995).

Quanto à sensibilidade dos testes em avaliar a qualidade das sementes de diferentes lotes, foi observado que os testes de vigor, como pH do exudato (pHE), envelhecimento artificial (EA), teste frio (TF) e tetrazólio vigor (TZVg), permitiram uma avaliação mais consistente da qualidade fisiológica, propiciando uma melhor separação dessas, em função dos diferentes níveis de qualidade apresentados, quando comparados com o teste de germinação (TPG). Essa

Tabela 12. Valores médios de intensidade de corrente elétrica relativos aos testes de condutividade elétrica de massa com 25 e 50 sementes ($\mu\text{S}/\text{cm}/\text{g}$), para os lotes de sementes de milho não envelhecidos (NE) e envelhecidos (E) avaliados em diferentes períodos de embebição. UFLA, Lavras – MG. 1999.

Lotes	Níveis de Qualidade ^e	CE - 25 sementes					CE - 50 semente				
		12 horas	18 horas	24 horas	30 horas	Média	12 horas	18 horas	24 horas	30 horas	Média
C 808	NE	8,78 a	9,35 a	10,96 a	14,06 a	10,79 a	6,78 a	8,59a	10,88a	12,08a	9,58 a
BR 3123		8,82 a	8,81 a	12,19 ab	13,23 a	10,77 a	7,87 b	10,64 b	11,61a	14,72 b	11,46 b
BR 201		8,44 a	11,86 b	13,01 bc	13,50 a	11,70 b	7,97 b	10,54 b	10,50a	13,30a	10,57 b
BR 205		12,59 b	13,79 cd	14,29 cd	17,65 b	14,58 c	11,06 de	14,53 c	14,85 bc	16,59 bc	14,26 d
AG 122		9,19 a	13,05 bc	15,50 d	20,29	14,51 c	9,04 bc	14,63 c	14,30 b	15,98 b	13,49 c
C 701		13,16 b	14,86 d	15,60 d	20,10	15,93 c	9,77 cd	14,15 c	16,20 c	18,25 c	14,54 e
AG405		13,11 b	14,16 cd	17,60	22,17	16,76 d	10,50 cde	13,31 c	18,09 d	20,73 d	15,68 f
C 901		16,97 c	17,84 e	20,48	28,26	20,89 e	11,98 e	18,19 d	21,49	24,16 e	19,02 f
Média						14,49 A					13,58 A
C 808	E	10,16 a	12,03 a	12,75 a	16,23 a	12,79 a	7,55 a	9,94 a	11,73 a	13,84 a	10,76 a
BR 3123		10,77 a	12,10a	13,45 a	15,38 a	12,93 a	8,69 ab	11,40 ab	13,38 a	16,83 b	12,58 b
BR 201		10,69 a	14,85 b	15,73 b	18,51 b	14,94 b	9,83 bc	12,27 b	12,97 a	15,70 b	12,69 b
C 701		15,05 b	15,95 bc	17,07 b	22,14 c	17,55 c	10,66 c	15,27 c	17,46 b	18,75 c	15,53 c
AG 122		9,94 a	15,34 bc	20,96 c	23,00 c	17,31 c	10,08 bc	15,69 cd	19,41 c	21,03 de	16,55 d
BR 205		16,16 b	17,07 cd	21,11 c	23,12 c	19,36 d	12,69 d	16,66 d	17,24 b	19,99 cd	16,64 d
AG 405		14,76 ab	17,79 d	21,84 c	28,39	20,69 e	9,59 bc	17,17 d	21,98	22,31 e	17,76 e
C 901		18,48 c	18,60 d	22,03 c	31,92	22,76 f	12,72 d	19,46 c	24,25	26,33	20,69 f
Média						17,29 B					15,06 B
F		3,53**					3,85**				
CV(%)		7,97					10,54				
DMS(5%)		1,76					1,79				

Médias seguidas das mesmas letras minúsculas e maiúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

** - significativo ao nível de 1% de probabilidade

ns - não significativo

Com referência aos tempos de embebição estudados (Tabela 12), foi observada uma tendência de aumento gradativo na quantidade de eletrólitos lixiviados pelas sementes, com o decorrer dos períodos de condicionamento, para os dois níveis de qualidade testados em ambas as metodologias de condutividade de massa. Esse fato também foi constatado por Marcos Filho et al. (1990) e Bruggink et al. (1991) em sementes de soja e milho.

No entanto, a liberação mais intensa de eletrólitos ocorreu nas sementes envelhecidas (E), em todos os períodos testados. Essa liberação de eletrólitos pode ter aumentado, em função da desestruturação do sistema de membranas, causado pelo processo de envelhecimento artificial. Tais observações foram também constatadas por Carvalho (1994).

Examinando os valores médios de condutividade referente ao teste de CE - 25S (Tabela 12), foi verificado que, a partir de 12 horas de embebição, já foi possível a separação dos lotes quanto ao vigor, para as classes de sementes não envelhecidas (NE) e envelhecidas (E). A classificação em relação à qualidade das sementes dos lotes avaliados foi a mesma conferida pelo teste do pH do exudato (pHE), nas sementes não envelhecidas (NE). No entanto, os períodos de 18, 24 e 30 horas propiciaram uma melhor separação dos lotes, em função do nível de qualidade, para sementes não envelhecidas (NE) e envelhecidas (E), à semelhança dos resultados conferidos pelos demais testes utilizados na avaliação da qualidade (Tabela 11). A mesma tendência pode ser observada na Figura 1 com relação aos valores de condutividade elétrica (CE - 25S), período de embebição e índice de vigor (Ivg), para sementes não envelhecidas (NE) e envelhecidas (E).

Os resultados obtidos com a CE -50S (Tabela 12), mostraram ser possível a separação dos lotes mais vigorosos em relação àquelas de menor vigor, para as sementes envelhecidas e não envelhecidas, a partir de 12 horas de embebição. No entanto, os períodos de 18, 24 e 30 horas de condicionamento

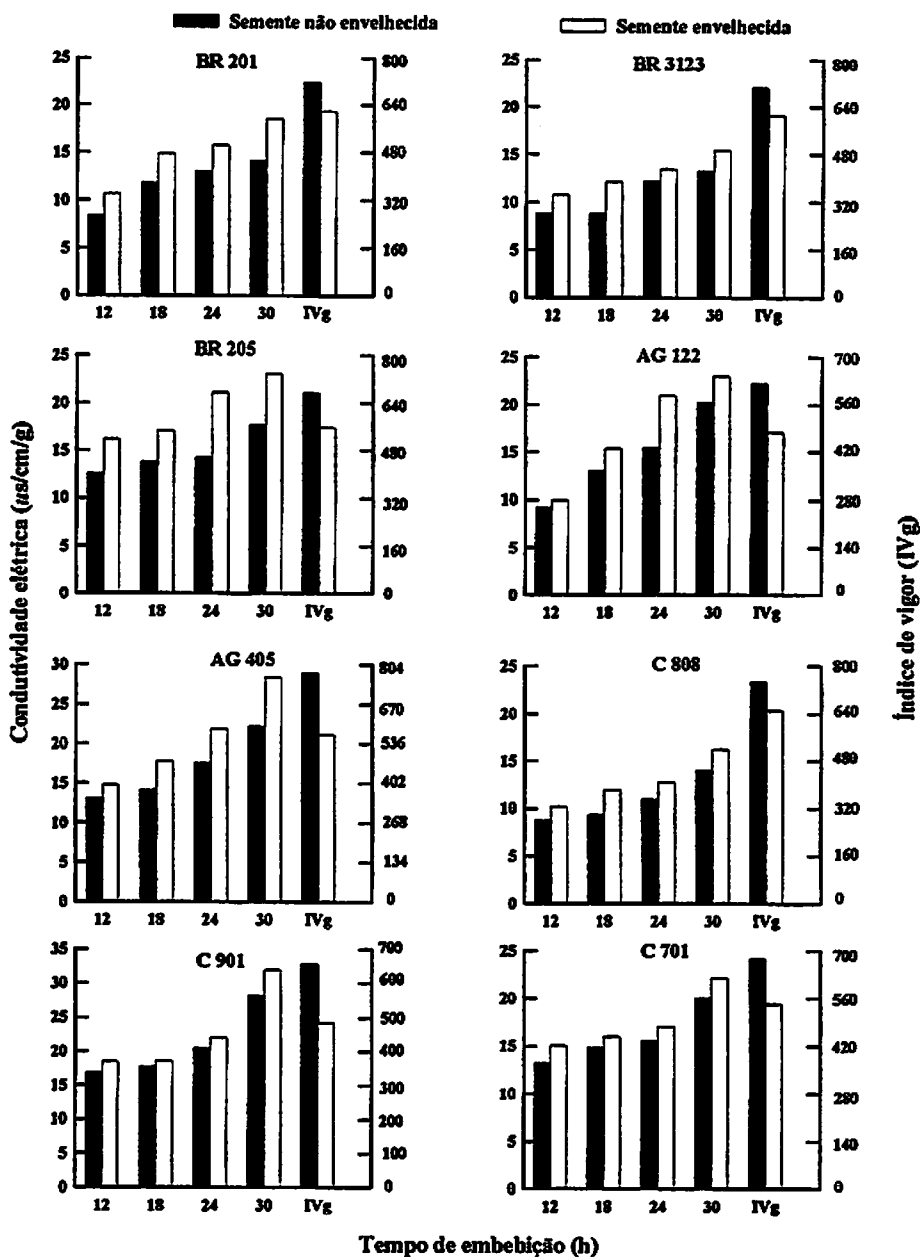


FIGURA 1. Histograma relativo aos dados obtidos pelo teste de condutividade elétrica CE - 25S ($\mu\text{S}/\text{cm}/\text{g}$), tempo de embebição e índice de vigor (IVg) para sementes de milho não envelhecidas (NE) e envelhecidas (E). UFLA, Lavras - MG, 1999.

mostraram ser mais eficientes em separar os lotes quanto ao nível de vigor, dentro dos dois níveis de qualidade testados. Além disso, esses tempos de condicionamento propiciaram resultados mais compatíveis com os apresentados na Tabela 11, referentes à classificação dos materiais pelos demais testes. Tendências semelhantes, também podem ser observadas na Figura 2 entre os índices de condutividade, tempos de condicionamento e índice de vigor, para sementes não envelhecidas (NE) e envelhecidas (E).

De modo geral, os dois métodos de condutividade elétrica de massa foram eficientes na separação dos lotes, quanto ao nível de vigor para as sementes não envelhecidas (NE) e envelhecidas (E), embora tenham ocorrido pequenas variações na ordem de classificação, em função do período de condicionamento adotado. Quanto à sensibilidade dos períodos de condicionamento na detecção de diferenças de qualidade entre os lotes, pelo método de condutividade de massa, com 50 sementes, foi observado que essas diferenças se tornaram mais perceptíveis à medida em que se aumentou o tempo de embebição. Para o método CE - 25S, os tempos de 18 e 24 horas para as sementes não envelhecidas (NE) e 18 horas para sementes envelhecidas (E), apresentaram tendências de detectar diferenças sutis de vigor nos materiais estudados.

Com relação aos resultados obtidos pela condutividade elétrica individual -CEI (Tabela 13), no período de 12 horas não foi possível detectar diferenças de qualidade entre os lotes de sementes não envelhecidas (NE). Nos tempos de condicionamento correspondentes a 24 horas para sementes não envelhecidas (NE) e de 18 e 24 horas para sementes envelhecidas (E), foram detectados à semelhança dos demais testes (Tabela 11) e os lotes BR 201,C 808 e BR 3123 como os mais vigorosos e AG 405 e AG 122 como os de menor vigor.

mostraram ser mais eficientes em separar os lotes quanto ao nível de vigor, dentro dos dois níveis de qualidade testados. Além disso, esses tempos de condicionamento propiciaram resultados mais compatíveis com os apresentados na Tabela 11, referentes à classificação dos materiais pelos demais testes. Tendências semelhantes, também podem ser observadas na Figura 2 entre os índices de condutividade, tempos de condicionamento e índice de vigor, para sementes não envelhecidas (NE) e envelhecidas (E).

De modo geral, os dois métodos de condutividade elétrica de massa foram eficientes na separação dos lotes, quanto ao nível de vigor para as sementes não envelhecidas (NE) e envelhecidas (E), embora tenham ocorrido pequenas variações na ordem de classificação, em função do período de condicionamento adotado. Quanto à sensibilidade dos períodos de condicionamento na detecção de diferenças de qualidade entre os lotes, pelo método de condutividade de massa, com 50 sementes, foi observado que essas diferenças se tornaram mais perceptíveis à medida em que se aumentou o tempo de embebição. Para o método CE - 25S, os tempos de 18 e 24 horas para as sementes não envelhecidas (NE) e 18 horas para sementes envelhecidas (E), apresentaram tendências de detectar diferenças sutis de vigor nos materiais estudados.

Com relação aos resultados obtidos pela condutividade elétrica individual -CEI (Tabela 13), no período de 12 horas não foi possível detectar diferenças de qualidade entre os lotes de sementes não envelhecidas (NE). Nos tempos de condicionamento correspondentes a 24 horas para sementes não envelhecidas (NE) e de 18 e 24 horas para sementes envelhecidas (E), foram detectados à semelhança dos demais testes (Tabela 11) e os lotes BR 201,C 808 e BR 3123 como os mais vigorosos e AG 405 e AG 122 como os de menor vigor.

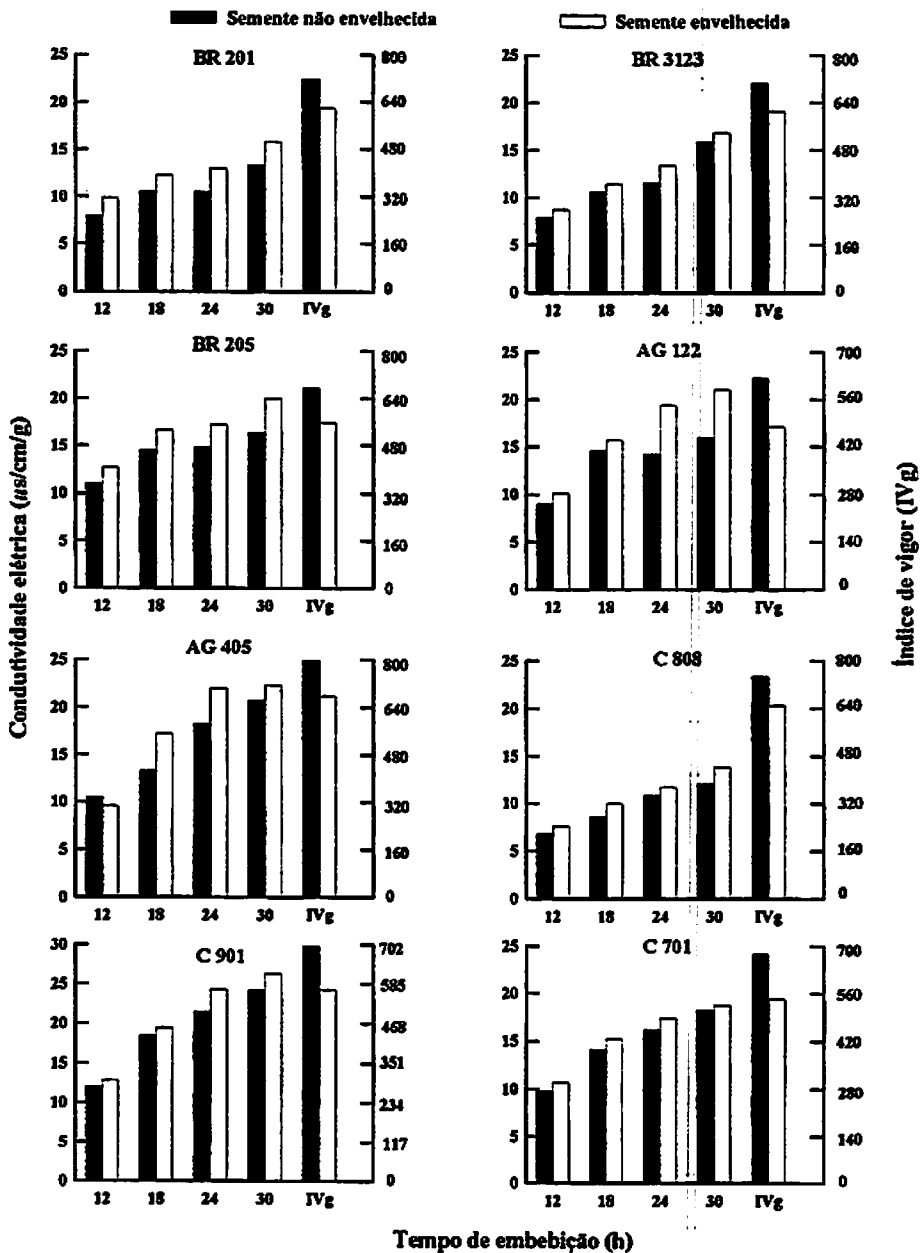


FIGURA 2. Histograma relativo aos dados obtidos pelo teste de condutividade elétrica CE - 50S ($\mu\text{S}/\text{cm}/\text{g}$), tempo de embebição e índice de vigor (IVg) para sementes de milho não envelhecidas (NE) e envelhecidas (E). UFLA, Lavras - MG, 1999.

Tabela 13. Estimativa da viabilidade obtida no teste de CEI para os lotes de sementes de milho não envelhecidas (NE) e envelhecidas (E) em diferentes períodos de embebição. UFLA, Lavras – MG. 1999.

Lotes	Nível de qualidade	CE Individual				
		12 horas	18 horas	24 horas	30 horas	Média
BR 201	NE	98 a	99 a	97 a	88 a	95 a
C 808		99 a	97 ab	98 a	83 a	94 a
BR 205		97 a	95 abc	92 abc	75 bc	90 b
BR 3123		98 a	96 ab	94 ab	68 d	89 b
C 701		94 a	92 bc	89 bc	76 b	88 bc
C 901		95 a	90 cd	88 cd	75 bc	87 bc
AG 405		96 a	94 abc	82 d	69 cd	85 cd
AG 122		95 a	84 d	82 d	69 cd	83 d
Média						89 A
BR 201	E	95 ab	97 a	95 a	79 a	91 a
C 808		98 a	96 a	93 a	75 a	90 a
BR 3123		95 ab	93 ab	90 ab	58 bcd	84 b
BR 205		94 ab	92 ab	85 bc	54 cd	81 bc
C 701		90 b	85 d	83 c	62 b	80 c
C 901		90 b	87 cd	83 c	60 bc	80 c
AG 405		92 ab	83 d	69 e	55 cd	75 d
AG 122		89 b	82 d	76 d	52 d	75 d
Média						82 B
F		3,75*				
CV(%)		3,24				
DMS(5%)		6,01				

Médias seguidas das mesmas letras minúsculas e maiúsculas na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

No entanto, independente do nível de qualidade, foi no período de 24 horas que os lotes apresentaram diferenças de vigor mais consistentes, levando em consideração as sementes de qualidade intermediária. Resultados semelhantes foram obtidos por Schmidt e Tracy (1989), em sementes de milho doce. Resultados semelhantes também podem ser observados na Figura 3 em relação ao período de condicionamento que melhor estimou o potencial de viabilidade, tanto para as sementes não envelhecidas (NE) como para as envelhecidas (E) e, sua relação com o índice de vigor (Ivg).

Para 30 horas de embebição, foram observadas algumas alterações na ordem de classificação dos lotes em relação ao vigor. Provavelmente, o tempo de condicionamento de 30 horas tenha sido excessivo para alguns dos lotes estudados. Esse comportamento poderia estar relacionado à interferência do genótipo nas medidas de condutividade, o que já foi constatado por outros pesquisadores (Hopper e Hinton, 1987 e Dias, 1994).

Comparando os resultados da Tabela 11 com os de condutividade elétrica de massa (Tabela 12) e condutividade individual (Tabela 13), foi constatado que, de modo geral, a mesma tendência quanto a identificação dos lotes de melhor e pior qualidade fisiológica, para os dois níveis de qualidade testados.

No geral, os testes de condutividade elétrica de massa e individual apresentaram resultados mais coerentes, quando analisados lotes de alto e baixo nível de qualidade fisiológica. Para os lotes de qualidade intermediária, ocorreram algumas variações na ordem de classificação dos lotes, em função do tempo de condicionamento adotado. A possível razão dessa dificuldade de separação dos lotes de qualidade intermediária, pode estar relacionada à maior heterogeneidade dentro dos lotes. Alguns autores recomendam colocar as sementes para germinar, após realização do teste de condutividade, para melhor separação dos lotes testados.

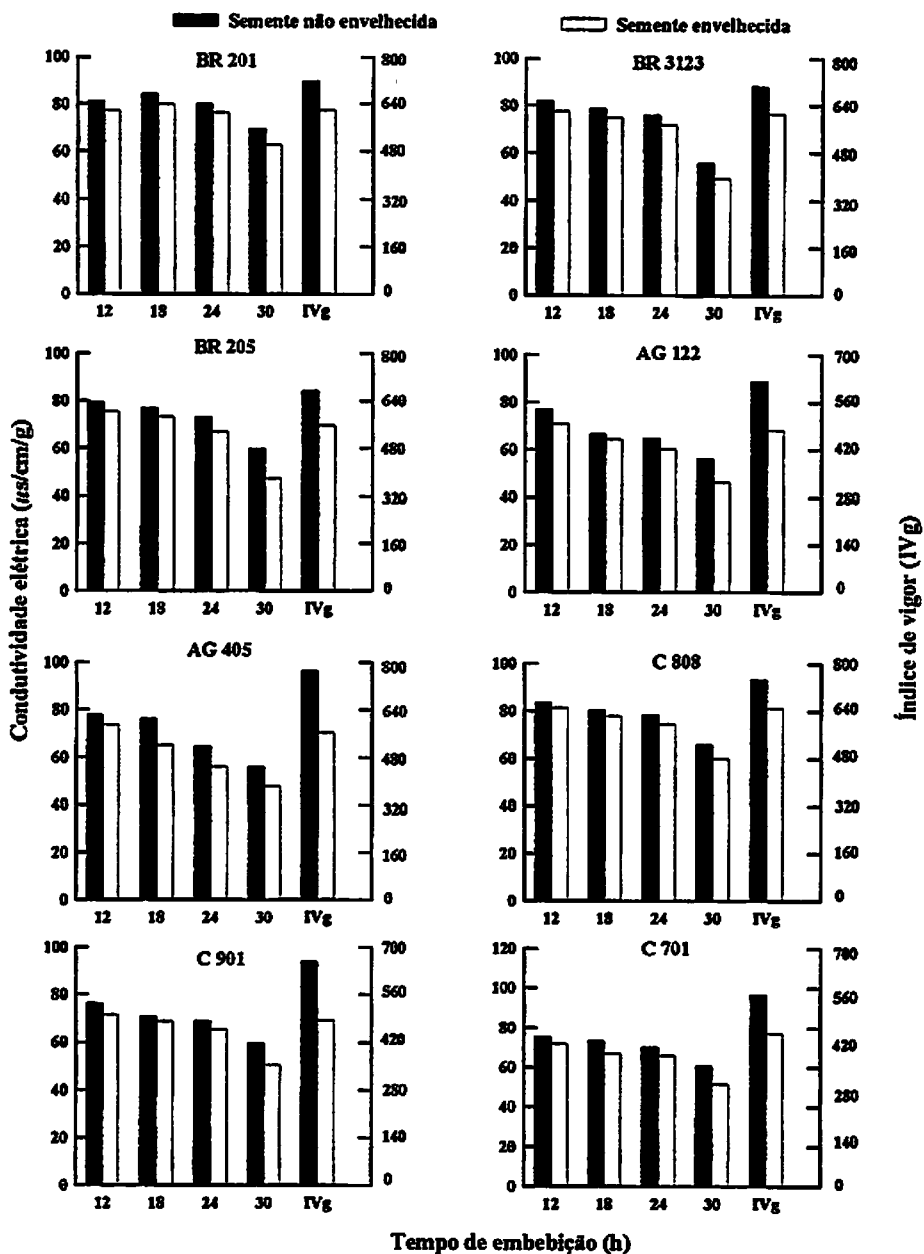


FIGURA 3. Histograma relativo aos dados obtidos pelo teste de condutividade elétrica individual (CEI), tempo de embebição e índice de vigor (IVg) para sementes de milho não envelhecidas (NE) e envelhecidas (E). UFLA, Lavras - MG, 1999.

A representação gráfica dos resultados provenientes das análises de regressão polinomial, relativa aos dados obtidos pelo teste de condutividade elétrica, com tamanho de amostra igual a 25 sementes, é mostrada na Figura 4. As equações de regressão e seus coeficientes de determinação (r^2) são apresentados na Tabela 14.

Pela Figura 4, pode ser observada uma tendência dos valores de condutividade aumentarem em função da duração dos períodos de embebição adotados. No geral, os lotes avaliados apresentaram respostas lineares crescentes e significativas, para os dois níveis de qualidade de sementes testados. Pela representação gráfica, foi constatado que os tempos de condicionamento de 18 e 24 horas foram os mais eficientes em detectar níveis distintos de vigor entre sementes envelhecidas (E) e não envelhecidas (NE), para a maioria dos lotes estudados, com exceção dos lotes C 901, onde a melhor classificação ocorreu nos períodos relativos a 24 e 30 horas de embebição. Por sua vez, sementes submetidas ao envelhecimento artificial, liberaram maior quantidade de eletrólitos na solução como consequência do processo de deterioração.

As análises de regressão dos dados obtidos pela CE - 50S, apresentaram efeitos lineares significativos para a maioria das sementes não envelhecidas (NE) e envelhecidas (E). As equações de regressão, juntamente com seus respectivos coeficientes de determinação se encontram na Tabela 15.

A representação gráfica dos valores de condutividade elétrica (Figura 5), mostrou um comportamento semelhante para os lotes BR 201, BR 3123 e C 808, dentro dos dois níveis de qualidade de sementes testados. Todos os lotes apresentaram um comportamento linear tanto para sementes envelhecidas (E) como para as não envelhecidas (NE).

Os valores de condutividade foram aumentados, em função da duração do período embebição. Esse aumento se deve a elevação da concentração de

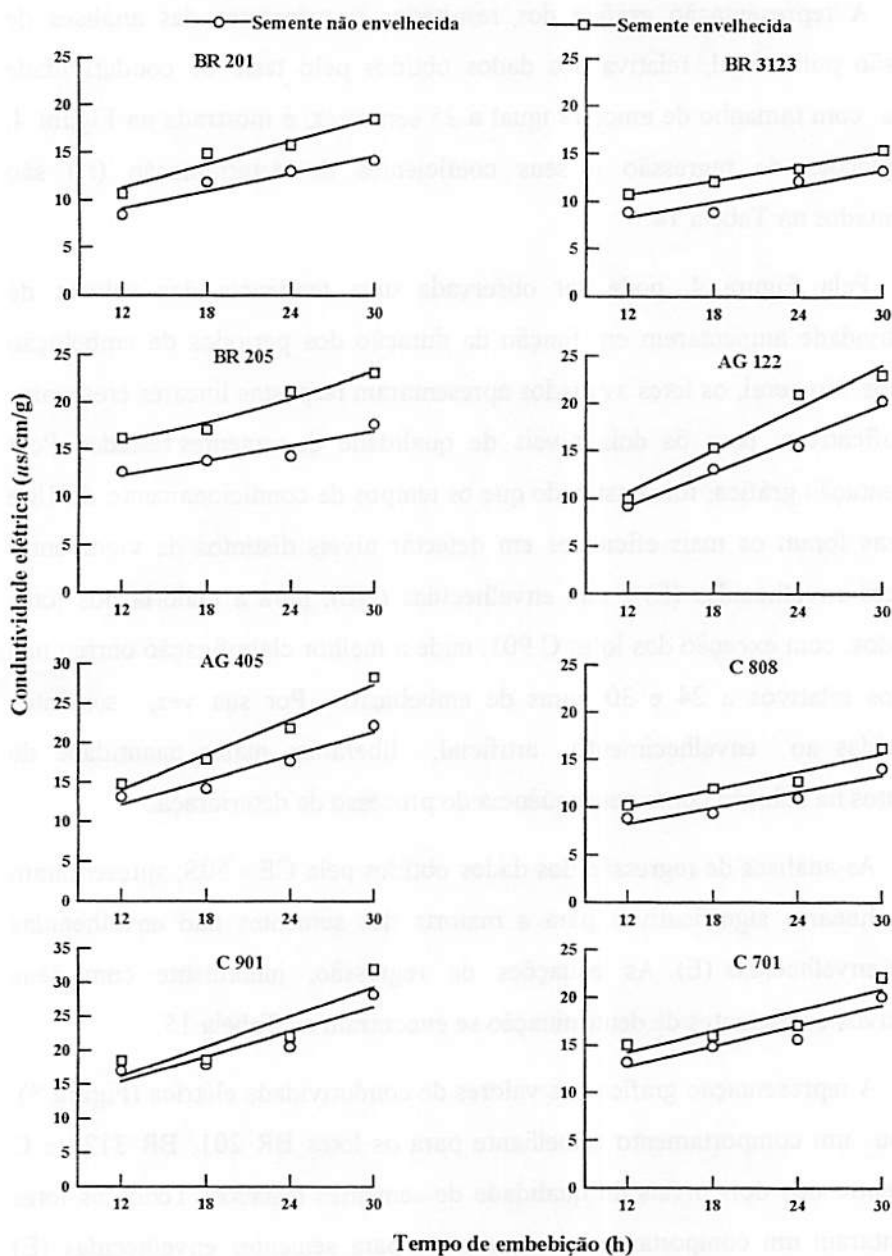


FIGURA 4. Análise de regressão relativa aos dados obtidos pelo teste de condutividade elétrica CE - 25S ($\mu\text{S}/\text{cm}/\text{g}$), em sementes de milho não envelhecidas (NE) e envelhecidas (E). UFLA, Lavras - MG, 1999.

TABELA 14. Equações de regressão referentes aos dados obtidos pelo teste de condutividade elétrica com tamanho de amostra igual a 25 sementes de milho e seus coeficientes de determinação. UFLA, Lavras - MG, 1999.

Lotes	Nível de Qualidade	Tamanho da Amostra	Equação de Regressão	r²
BR 201	NE	25	Y= 5,98 + 0,2724X	0,8536
	E	25	Y= 6,42 + 0,4057X	0,9421
BR 3123	NE	25	Y= 4,96 + 0,2765X	0,8784
	E	25	Y= 7,60 + 0,2531X	0,9907
BR 205	NE	25	Y= 9,09 + 0,2614X	0,8715
	E	25	Y=10,64 - 0,4154X	0,9501
AG 122	NE	25	Y= 1,99 + 0,5958X	0,9856
	E	25	Y= 1,62 + 0,7469X	0,9659
AG 405	NE	25	Y= 6,04 + 0,5106X	0,9366
	E	25	Y= 4,96 + 0,7492X	0,9694
C 808	NE	25	Y= 4,68 + 0,2909X	0,9045
	E	25	Y= 6,17 + 0,3152X	0,9271
C 901	NE	25	Y= 8,11 + 0,6085X	0,8422
	E	25	Y= 7,43 + 0,7295X	0,7972
C 701	NE	25	Y= 8,38 + 0,3593X	0,8838
	E	25	Y= 9,71 + 0,3735X	0,8328

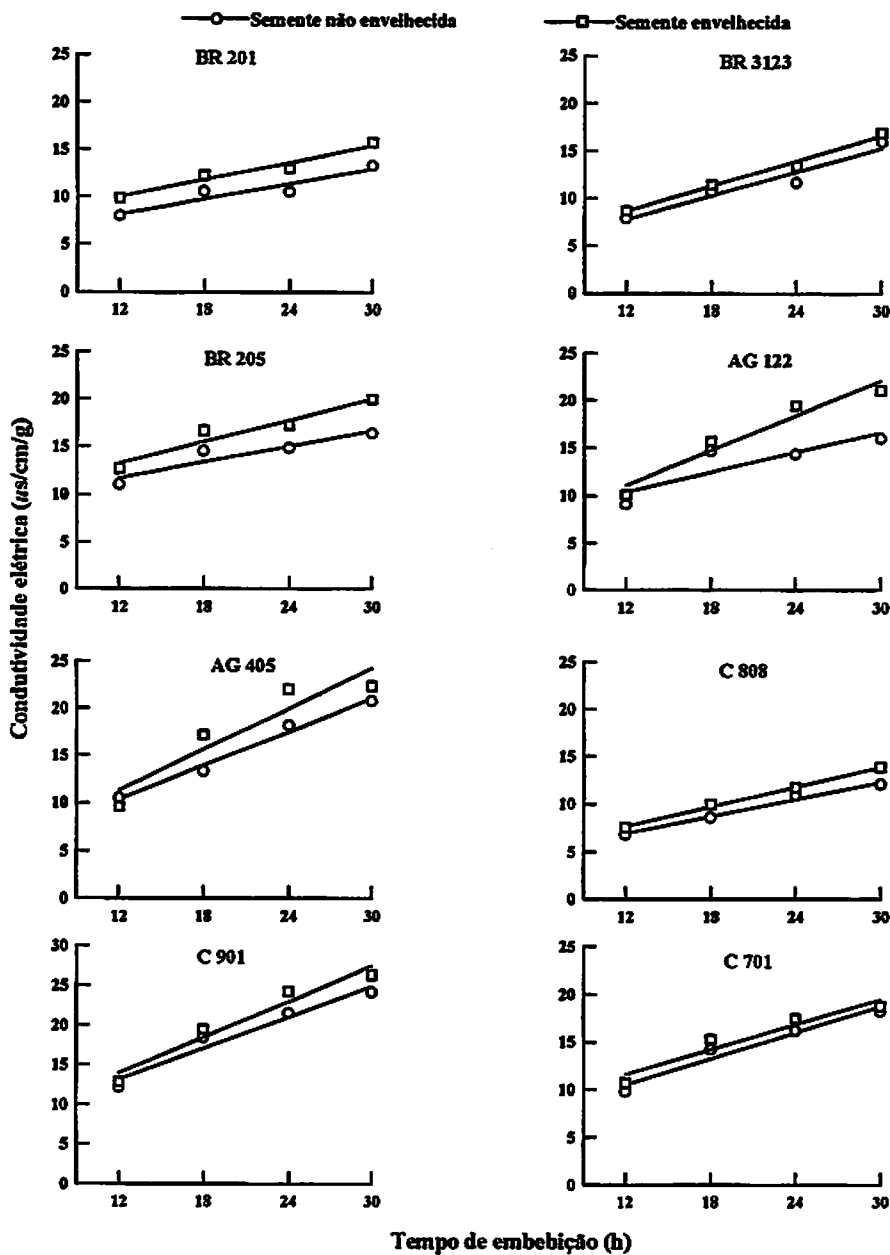


FIGURA 5. Análise de regressão relativa aos dados obtidos pelo teste de condutividade elétrica CE - 50S ($\mu\text{S}/\text{cm}/\text{g}$), em sementes de milho não envelhecidas (NE) e envelhecidas (E). UFLA, Lavras - MG, 1999.

TABELA 15. Equações de regressão referentes aos dados obtidos pelo teste de condutividade elétrica com tamanho de amostra igual a 50 sementes de milho não envelhecidas (NE) e envelhecidas (E) e seus coeficientes de determinação. UFLA, Lavras - MG, 1999.

Lotes	Nível de Qualidade	Tamanho da Amostra	Equação de Regressão	r²
BR 201	NE	50	$Y = 4,99 + 0,2657X$	0,8942
	E	50	$Y = 6,27 + 0,3055X$	0,9584
BR 3123	NE	50	$Y = 2,73 + 0,4174X$	0,9437
	E	50	$Y = 3,32 + 0,4403X$	0,9893
BR 205	NE	50	$Y = 8,33 + 0,2819X$	0,8892
	E	50	$Y = 8,78 + 0,3743X$	0,9289
AG 122	NE	50	$Y = 6,30 + 0,3420X$	0,7514
	E	50	$Y = 3,75 + 0,6094X$	0,9436
AG 405	NE	50	$Y = 3,23 + 0,5930X$	0,9845
	E	50	$Y = 2,71 + 0,7165X$	0,8741
C 808	NE	50	$Y = 3,22 + 0,3029X$	0,9869
	E	50	$Y = 3,53 + 0,3443X$	0,9971
C 901	NE	50	$Y = 5,16 + 0,6598X$	0,9509
	E	50	$Y = 4,72 + 0,7602X$	0,9499
C 701	NE	50	$Y = 4,98 + 0,4579X$	0,9584
	E	50	$Y = 6,27 + 0,4412X$	0,9241

eletrólitos liberados no meio aquoso, à medida em que as sementes foram expostas a períodos mais longos de condicionamento. As sementes não envelhecidas (NE), no geral, apresentaram valores mais baixos de condutividade, em relação as sementes envelhecidas (E), indicando uma menor lixiviação de eletrólitos para o meio aquoso.

Os períodos de condicionamento que melhor diferenciaram os níveis de qualidade entre os lotes foram 18 e 24 horas de embebição. No entanto, foi observado que, para o lote BR 3123, não ocorreram alterações acentuadas em relação aos tempos adotados, quando comparamos as sementes envelhecidas (E) e não envelhecidas (NE). Essas alterações pouco acentuados podem ser atribuídas ao genótipo. Provavelmente, o estresse imposto pelo envelhecimento artificial (41°C/72 horas) não tenha sido suficiente para promover diferenças marcantes de vigor nas sementes. Segundo Panobianco e Vieira (1996) e Vieira (1996), genótipos distintos geram diferenças significativas nos valores de condutividade. Essa interferência nas leituras de condutividade, também foi constatado por Santipracha, Santipracha e Wonguaradon (1997), para a mesma espécie em questão. Para os lotes BR 3123, AG 405, AG 122, C 808, C 901 e C 701, o tempo de embebição de 12 horas não foi eficiente em detectar diferenças de vigor.

Comparando as Figuras 4 e 5 foi verificado que as respostas dos lotes estudados seguiram tendência semelhante em relação ao aumento dos índices de condutividade elétrica, em função dos tempos de condicionamento adotados, tanto para os lotes de sementes não envelhecidas (NE), como para os de sementes envelhecidas (E).

As análises de regressão dos dados obtidos pela CEI, apresentaram efeitos lineares e quadráticos altamente significativos para as sementes não envelhecidas (NE) e envelhecidas (E), para os diferentes materiais estudados.

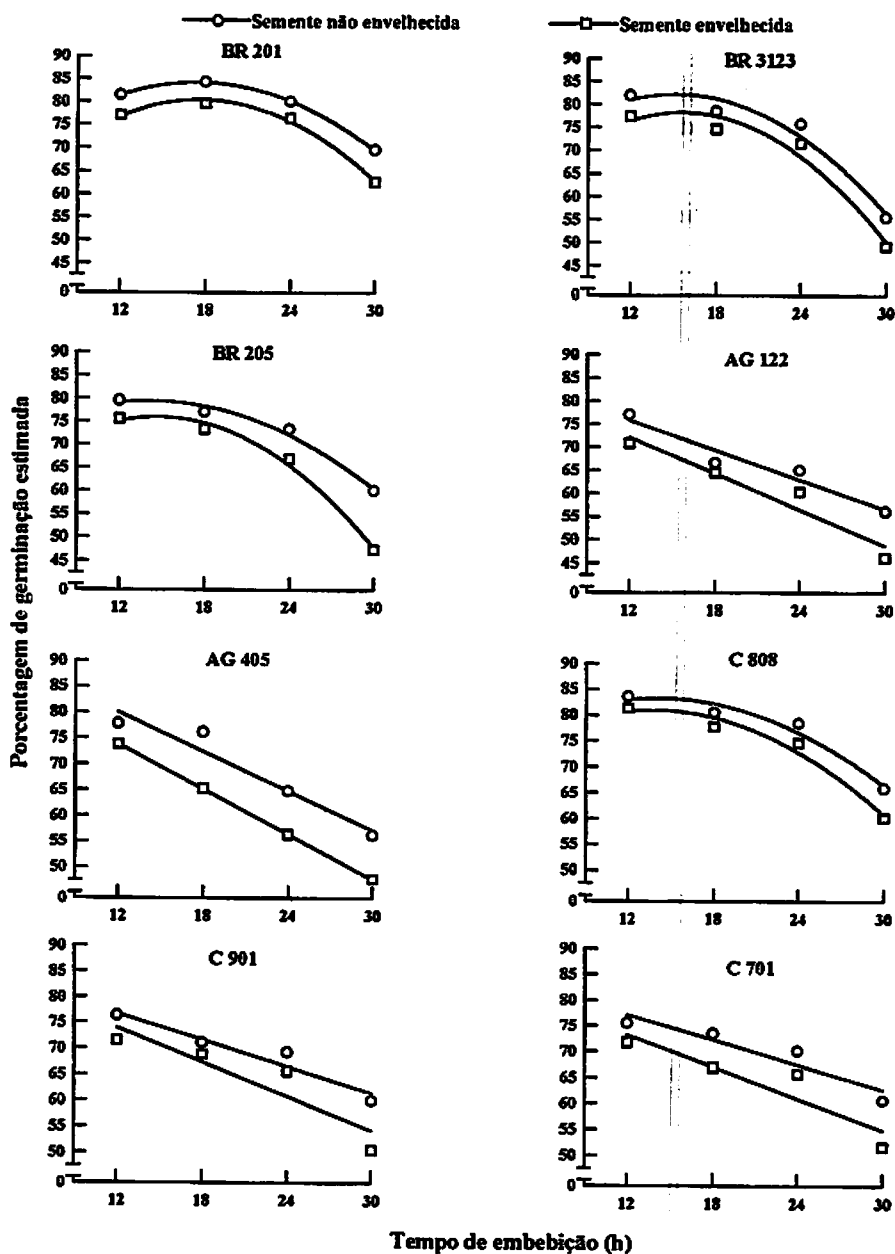


FIGURA 3. Análise de regressão relativa aos dados de porcentagem de germinação obtidos pelo teste de condutividade elétrica de individual (CEI), de sementes de milho não envelhecidas (NE) e envelhecidas (E). UFLA, Lavras - MG, 1999.

TABELA 16. Equações de regressão referentes aos dados obtidos pelo teste de condutividade elétrica individual (CEI), de sementes de milho não envelhecidas (NE) e envelhecidas (E). UFLA, Lavras - MG, 1999.

Lotes	Nível Qualidade	Equação de Regressão	r²
BR 201	NE	$Y = 77,70 + 2,5292X - 0,0729X^2$	0,9899
	E	$Y = 61,46 + 4,1937X - 0,1198X^2$	0,9791
BR 3123	NE	$Y = 55,20 + 5,4666X - 0,1666X^2$	0,9517
	E	$Y = 41,43 + 6,8854X - 0,2100X^2$	0,9563
BR 205	NE	$Y = 72,35 + 3,2333X - 0,1042X^2$	0,9758
	E	$Y = 46,96 + 6,2042X - 0,1979X^2$	0,9841
AG 122	NE	$Y = 110,63 - 1,3333X$	0,9368
	E	$Y = 115,77 - 1,9625X$	0,8959
AG 405	NE	$Y = 117,63 - 1,5333X$	0,9154
	E	$Y = 118,70 - 2,0958X$	0,9926
C 808	NE	$Y = 79,59 + 2,4852X - 0,0781X^2$	0,9547
	E	$Y = 75,25 + 3,3542X - 0,1076X^2$	0,9644
C 901	NE	$Y = 107,80 - 1,0083X$	0,8876
	E	$Y = 113,30 - 1,5917X$	0,7887
C701	NE	$Y = 107,43 - 0,9458X$	0,8363
	E	$Y = 110,65 - 1,4625X$	0,8014

As equações de regressão, juntamente com seus respectivos coeficientes de determinação, podem ser observados na Tabela 16. As reduções nas porcentagens de viabilidade, em função dos períodos de condicionamento, apresentaram tendências bastante semelhantes para os lotes estudados, nos dois níveis de qualidade testados. Com 12 horas de condicionamento, já foi possível observar diferenças nos níveis de viabilidade para as sementes envelhecidas. No entanto, o período de condicionamento relativo a 24 horas foi o que permitiu a melhor separação dos lotes, quanto ao potencial de viabilidade.

No geral, quando se compara as Figuras 4, 5 e 6, notamos tendências semelhantes de separação dos lotes em diferentes níveis de vigor e viabilidade, tanto para as sementes envelhecidas (E), como para as não envelhecidas (NE). Observamos, também que a partir de 12 de embebição os testes de condutividade apresentaram sensibilidade em detectar diferenças de vigor e viabilidade. Entretanto, os tempos de condicionamento correspondentes a 18 e 24 horas revelaram maior sensibilidade na detecção dessas diferenças. Constatamos ainda, que de acordo com o lote avaliado, o teste de condutividade revela maior ou menor sensibilidade em detectar diferenças de vigor e/ou estimar o potencial de viabilidade das sementes. Os testes de condutividade de massa e individual mostraram-se eficientes na separação de diferentes níveis de vigor, bem como na estimativa do potencial de viabilidade dos materiais testados. Esses resultados reforçam as evidências encontradas por Tracy e Juvik (1988), Bruggink et al. (1991), Bekendam et al. (1991) e Sampaio et al. (1995).

4.3. Estudos de correlação entre os testes de condutividade elétrica de massa com 25 e 50 sementes (CE - 25S e CE - 50S) e os demais testes.

Os coeficientes de correlação (r) entre os testes de condutividade elétrica

e os demais testes utilizados para avaliar a qualidade dos diferentes lotes, encontram-se nas Tabelas 17 e 18.

As correlações simples foram determinadas para cada um dos tempos de embebição testados (12, 18, 24 e 30 horas), para as sementes não envelhecidas (NE) e envelhecidas (E), para as duas metodologias de massa estudadas. No geral, a grande maioria dos coeficientes de correlação mostrou-se negativa e com diferentes níveis de significância. Associações positivas e altamente significativas, também foram verificadas para todos os períodos de embebição entre os valores de CE - 25S e CE -50S, para sementes envelhecidas (E) e não envelhecidas (NE), indicando tendência de variação semelhante entre os dois métodos testados.

Examinando os coeficientes de correlação simples apresentados na Tabela 17, pode ser observada a existência de correlações inversas altamente significativas para os valores relativos ao pH do exudato (pHE), nos quatro tempos de embebição estudados, dentro dos dois níveis de qualidade testados. Provavelmente, esse alto grau de associação seja devido ao fato dos dois teste fundamentarem-se na permeabilidade das membranas, sendo medidos em função da quantidade de substâncias liberadas na água de embebição.

Os valores da CE - 25S, correlacionaram-se negativa e significativamente com o teste de envelhecimento artificial (EA), nos tempos relativos a 18 e 30 horas de condicionamento, e altamente significativo no período correspondente a 24 horas de embebição, para sementes envelhecidas (E). Com relação aos resultados do teste do peso de matéria seca de plântulas, somente o período de 12 horas de embebição correlacionou-se com a CE - 25S.

Os dados referentes a CE - 25S nos tempos de 12 e 18 horas de embebição, apresentaram coeficientes de correlação positivos e significativos com a condutividade individual (CEI), e altamente significativos no tempo de 24 horas nas sementes não envelhecidas (NE). Nos períodos relativo a 12 e 24 horas

TABELA 17. Coeficiente de correlação simples (r) entre os dados obtidos nos testes de condutividade elétrica de massa (CE - 25S) e os demais testes utilizados para avaliar a qualidade dos lotes de sementes de milho. UFLA, Lavras - MG, 1999.

Testes	Não Envelhecida				Envelhecida			
	Tempo de Embebição				Tempo de Embebição			
	12 horas	18 horas	24 horas	30 horas	12 horas	18 horas	24 horas	30 horas
TPG	-0,43 ns	-0,45 ns	-0,35 ns	-0,53 ns	-0,45 ns	-0,81 **	-0,86 **	-0,82 **
EA	-0,41 ns	-0,56 ns	-0,52 ns	-0,53 ns	-0,35 ns	-0,76 *	-0,85 **	-0,76 *
TF	-0,32 ns	-0,57 ns	-0,33 ns	-0,27 ns	-0,55 ns	-0,87 **	-0,93 **	-0,89 **
TZVb	-0,05 ns	-0,08 ns	-0,37 ns	-0,25 ns	0,36 ns	0,49 ns	0,46 ns	0,39 ns
TZVg	-0,32 ns	-0,49 ns	-0,34 ns	-0,35 ns	-0,21 ns	-0,14 ns	-0,08 ns	-0,12 ns
pHE	-0,92 **	-0,86 **	-0,86 **	-0,87 **	-0,69 **	-0,88 **	-0,87 **	-0,84 **
EF	-0,25 ns	-0,28 ns	-0,05 ns	-0,15 ns	-0,49 *	-0,81 **	-0,85 **	-0,81 **
PC	-0,44 ns	-0,44 ns	-0,39 ns	-0,57 *	-0,43 ns	-0,81 **	-0,91 **	-0,89 **
EC	-0,15 ns	-0,27 ns	-0,12 ns	-0,03 ns	-0,64 *	-0,77 *	-0,74 *	-0,75 *
DM	-0,52 ns	-0,59 ns	0,41 ns	0,44 ns	-0,55 ns	-0,67 *	-0,52 ns	0,57 ns
IVE	-0,40 ns	-0,39 ns	-0,47 ns	-0,55 ns	-0,39 ns	-0,45 ns	-0,57 ns	-0,68 *
PS	-0,57 *	-0,63 ns	-0,46 ns	-0,48 ns	0,36 ns	0,26 ns	0,31 ns	0,05 ns
CE - 50S	0,93 **	0,92 **	0,97 **	0,92 **	0,82 **	0,96 **	0,90 **	0,95 **
CEI	-0,73 *	-0,54 ns	-0,86 **	-0,46 ns	-0,49 *	-0,59 ns	-0,78 *	0,44 ns
IVg	-0,44 ns	-0,64 *	-0,70 *	-0,68 *	-0,53 ns	-0,80 **	-0,91 **	-0,86 **

de condicionamento para sementes envelhecidas (E), as correlações foram negativas e significativas.

Nas sementes envelhecidas (E), a CE - 25S no período de 24 horas de embebição, apresentou coeficientes de correlação negativos e altamente significativos com a germinação (TPG), envelhecimento artificial (EA), estande final (EF), primeira contagem (PC), teste frio (TF) e pH do exudato (pHE). Esses resultados indicam que os referidos testes propiciaram de modo geral, classificações semelhantes dos lotes estudados. Com relação ao teste de emergência em campo (EC), as correlações mostraram-se negativas e significativas em todos os períodos de embebição testados, para os lotes de sementes envelhecidas (E). Pesquisadores como Tao (1980), Hampton e Coolbear (1990) e Alizaga, Sterling e Herrera (1992), trabalhando com condutividade, também constataram a existência de correlação entre os testes de condutividade elétrica e a emergência em campo (EC), independente do nível de qualidade apresentados pelas sementes.

O teste frio (TF) apresentou um alto grau de associação com CE -25S nos tempos de 18, 24 e 30 horas, sendo que o índice de velocidade de emergência (IVE) somente correlacionou-se significativamente com a CE -25S, no período relativo a 30 horas de embebição, nas sementes envelhecidas. Os dados relativos ao dano mecânico (DM) correlacionaram-se de forma significativa e positiva com a CE -25S, no tempo de condicionamento correspondente à 18 horas, nas sementes envelhecidas. Os coeficientes de correlação entre o índice de vigor (IVg) e a CE - 25S foram negativas e significativas, nos períodos correspondentes a 18, 24 e 30 horas de embebição para as sementes não envelhecidas (NE), e altamente significativos para as sementes envelhecidas (E), nos tempos de condicionamento citados anteriormente.

Conforme observado na Tabela 17, o maior número de correlações entre

os testes utilizados para avaliar a qualidade da semente e o teste de CE -25S, para os dois níveis de qualidade testados, ocorreu no período de 18 e 24 horas de embebição.

A análise de correlação entre o teste CE -50S e os demais testes utilizados para avaliar a qualidade dos lotes de milho pode ser observada na Tabela 18. Os coeficientes de correlação foram negativos e altamente significativos entre a CE -50S e o teste do pH do exudato (pHE), para os quatro tempos de embebição testados, nas sementes envelhecidas (E) e não envelhecidas (NE). Vale ressaltar que os dois testes têm seus princípios baseados na permeabilidade de membranas.

A CE - 50S nos quatro tempos de embebição estabelecidos, tanto para sementes envelhecidas quanto para as não envelhecidas, correlacionou-se positiva e significativamente com os resultados da CE - 25S indicando a mesma tendência na classificação dos lotes em função da qualidade fisiológica. O índice de vigor (IVg) correlacionou-se negativa e significativamente com a CE - 50S, nos períodos de 12, 18 e 24 horas de condicionamento nas sementes não envelhecidas (NE); e foram altamente significativos para as sementes envelhecidas (E), nos tempos de embebição correspondentes a 18, 24 e 30 horas.

Os testes de CE - 50S e CEI, no período de 24 horas de embebição, correlacionou-se de modo altamente significativo e negativo com a condutividade individual (CEI). Já para 12 e 18 horas de condicionamento as correlações foram apenas significativas. Os teste de primeira contagem (PC) e peso de matéria seca de plântulas (PS), correlacionaram-se negativa e significativamente com a CE - 50S nos tempos de condicionamento relativos a 12 e 18 horas.

Pela Tabela 18, pode ser observado que as sementes envelhecidas apresentaram maior número de correlações entre os dados da CE -50S e os demais testes. Esse maior número de correlações pode ser atribuído ao estresse

TABELA 18. Coeficiente de correlação simples (r) entre os dados obtidos nos testes de condutividade elétrica de massa (CE - 50S) e os demais testes utilizados para avaliar a qualidade dos lotes de milho. UFLA, Lavras - MG, 1999.

Testes	Não Envelhecida				Envelhecida			
	Tempo de Embebição				Tempo de Embebição			
	12 horas	18 horas	24 horas	30 horas	12 horas	18 horas	24 horas	30 horas
TPG	- 0,43 ns	- 0,45 ns	- 0,35 ns	- 0,53 ns	- 0,45 ns	- 0,81 **	- 0,86 **	- 0,82 **
EA	- 0,41 ns	- 0,56 ns	- 0,52 ns	- 0,53 ns	- 0,35 ns	- 0,76 *	- 0,85 **	- 0,76 *
TF	- 0,32 ns	- 0,57 ns	- 0,33 ns	- 0,27 ns	- 0,55 ns	- 0,87 **	- 0,93 **	- 0,89 **
TZVb	- 0,05 ns	- 0,08 ns	- 0,37 ns	- 0,25 ns	0,36 ns	0,49 ns	0,46 ns	0,39 ns
TZVg	- 0,32 ns	- 0,49 ns	- 0,34 ns	- 0,35 ns	- 0,21 ns	- 0,14 ns	- 0,08 ns	- 0,12 ns
pHE	- 0,92 **	- 0,86 **	- 0,86 **	- 0,87 **	- 0,69 **	- 0,88 **	- 0,87 **	- 0,84 **
EF	- 0,25 ns	- 0,28 ns	- 0,05 ns	- 0,15 ns	- 0,49 *	- 0,81 **	- 0,85 **	- 0,81 **
PC	- 0,44 ns	- 0,44 ns	- 0,39 ns	- 0,57 *	- 0,43 ns	- 0,81 **	- 0,91 **	- 0,89 **
EC	- 0,15 ns	- 0,27 ns	- 0,12 ns	- 0,03 ns	- 0,64 *	- 0,77 *	- 0,74 *	- 0,75 *
DM	0,48 ns	- 0,31 ns	0,45 ns	0,28 ns	0,38 ns	0,51 ns	0,42 ns	0,31 ns
IVE	- 0,38 ns	- 0,60 ns	- 0,52 ns	- 0,50 ns	- 0,36 ns	- 0,65 *	- 0,79 **	- 0,82 **
PS	- 0,63 *	- 0,47 ns	- 0,46 ns	- 0,34 ns	0,54 ns	0,24 ns	- 0,01 ns	0,06 ns
CE - 25S	0,93 **	0,92 **	0,97 **	0,92 **	0,82 **	0,96 **	0,90 **	0,95 **
CEI	- 0,75 *	- 0,73 *	- 0,84 **	0,28 ns	- 0,63 *	- 0,72 *	- 0,89 **	0,39 ns
IVg	- 0,64 *	- 0,81 **	- 0,62 *	- 0,59 ns	- 0,58 ns	- 0,90 **	- 0,94 **	- 0,91 **

de temperatura e umidade relativa imposto pelo processo de envelhecimento artificial, que possibilitou a obtenção de níveis diferenciados de vigor permitindo assim, uma maior grau de associação com os demais testes de vigor utilizados.

A CE - 50S correlacionou com os testes de germinação (TPG), envelhecimento artificial (EA), teste frio (TF), estande final (EF), primeira contagem (PC), emergência em campo (EC) e índice de velocidade de emergência (IVE). Porém, as correlações nos períodos relativos a 18, 24 e 30 horas com a germinação (TPG), estande final (EF) e primeira contagem (PC), foram negativas e altamente significativas.

Nos períodos de 18 e 30 horas de embebição, a correlação com o envelhecimento artificial (EA) foi negativa e significativa; para 24 horas, o a associação foi altamente significativa. Já para a emergência de plântulas em campo (EC), as correlações negativas e significativas com a CE - 50S ocorreram nos quatro tempos de condicionamento testados, porém o valor mais alto foi obtido no período de 18 horas de embebição ($r = -0,77$). As correlações entre a CE - 50S e o índice de velocidade de emergência (IVE) foram negativas, sendo significativa para 18 horas de embebição, e altamente significativa para 24 e 30 horas de condicionamento.

4.4. Correlação entre o teste de condutividade individual (CEI) e os demais testes.

Conforme mostra a Tabela 19 para sementes não envelhecidas (NE), os valores da CEI se correlacionaram com os testes de envelhecimento artificial (EA), teste frio (TF), pH do exudato (pHE), índice de velocidade de emergência

TABELA 19. Coeficiente de correlação simples (r) entre os dados obtidos nos testes de condutividade elétrica individual (CEI) e os demais testes utilizados para avaliar a qualidade dos lotes de sementes de milho. UFLA, Lavras - MG, 1999.

Testes	Não Envelhecida				Envelhecida			
	Tempo de Embebição				Tempo de Embebição			
	12 horas	18 horas	24 horas	30 horas	12 horas	18 horas	24 horas	30 horas
TPG	0,33 ns	0,27 ns	0,45 ns	-0,01 ns	0,74 *	0,80 **	0,82 **	-0,02 ns
EA	0,68 *	0,74 *	0,81 **	-0,09 ns	0,83 **	0,93 **	0,91 **	-0,29 ns
TF	0,65 *	0,85 **	0,70 *	-0,24 ns	0,75 *	0,77 *	0,89 **	-0,48 ns
TZVb	0,33 ns	0,43 ns	0,41 ns	-0,16 ns	-0,44 ns	-0,63 *	-0,64 *	-0,12 ns
TZVg	0,49 ns	0,46 ns	0,35 ns	0,59 ns	0,51 ns	0,20 ns	0,08 ns	-0,34 ns
pHE	0,82 **	0,40 ns	0,78 *	-0,43 ns	0,95 **	0,82 **	0,88 **	-0,64 *
EF	-0,02 ns	0,26 ns	0,08 ns	0,29 ns	0,62 *	0,62 *	0,68 *	-0,016 ns
PC	0,34 ns	0,25 ns	0,49 ns	0,05 ns	0,81 **	0,86 **	0,85 **	-0,16 ns
EC	0,34 ns	0,57 ns	0,13 ns	0,33 ns	0,87 **	0,73 *	0,05 ns	-0,24 ns
DM	-0,32 ns	0,04 ns	-0,22 ns	0,24 ns	-0,23 ns	-0,28 ns	-0,43 ns	0,28 ns
IVE	0,68 *	0,91 **	0,71 *	-0,21 ns	0,70 *	0,69 *	0,68 *	-0,34 ns
PS	0,19 ns	-0,07 ns	0,09 ns	-0,37 ns	0,05 ns	0,14 ns	0,06 ns	0,46 ns
CE - 25S	-0,73 *	-0,54 ns	-0,86 **	-0,46 ns	-0,49 ns	-0,59 ns	-0,78 *	0,45 ns
CE - 50S	-0,75 *	-0,73 *	-0,84 **	0,28 ns	-0,63 *	-0,72 *	-0,89 **	0,39 ns
IVg	-0,64 *	-0,81 **	-0,62 *	-0,59 ns	-0,58	-0,90 **	-0,94 **	-0,91 **

(IVE), condutividade 25 sementes (CE -25S), condutividade 50 sementes (CE - 50S) e índice de vigor (IVg).

Para o envelhecimento artificial (EA), essas correlações foram positivas e significativas nos tempos equivalentes a 12 e 18 horas de embebição e altamente significativas no período de 24 horas. Esses resultados reforçam os obtidos por Wilson Jr. e Trawatha (1991) e Wilson Jr., Alleyne e Mohan (1992). Já o teste frio (TF) apresentou correlações positivas e significativas para 12 e 24 horas, e altamente significativas para 18 horas de embebição. O pH do exudato (pHE) correlacionou-se de maneira positiva e altamente significativa no período de 12 horas e significativamente para 24 horas de condicionamento. As correlações entre condutividade individual (CEI), CE - 25S e CE - 50S foram negativas e altamente significativas para o tempo de embebição correspondente a 24 horas e, significativas para os períodos de 12 e 18 horas.

Pela Tabela 19, para sementes envelhecidas, pode ser observado maior número de correlações entre a CEI e os testes de germinação (TPG), envelhecimento artificial (EA), teste frio (TF), estande final (EF), primeira contagem (PC), emergência em campo (EC) e índice de velocidade de emergência (IVE). As correlações com a germinação (TPG) foram positivas e altamente significativas para 18 e 24 horas de embebição, e significativas para 12 horas.

Para o tetrazólio potencial de viabilidade (TZVb) correlações negativas e significativas foram observadas nos tempos de 18 e 24 horas de embebição. Nos períodos de 12, 18 e 24 horas de condicionamento, correlações positivas e significativas foram observadas para estande final (EF) e índice de velocidade de emergência (IVE). Já para os testes de envelhecimento artificial (EA) e primeira contagem (PC), as correlações mostraram-se positivas e altamente significativas, quando a condutividade individual foi conduzida nos tempos de 12, 18 e 24 horas de embebição. A correlação entre a condutividade individual (CEI) e o

teste do pH do exudato (pHE) foi positiva e altamente significativa para os períodos de 12, 18 e 24 horas de embebição condicionamento e significativa para 30 horas de embebição, nas sementes envelhecidas.

Para o teste de emergência em campo (EC), a correlação apresentou um alto grau de associação com a CEI no período correspondente à 12 horas de condicionamento. Resultados semelhantes foram obtidos por Waters Jr. e Blanchette (1983), Tracy e Juvik (1988) e Wilson Jr. (1992), utilizando sementes de milho doce. Foi observada uma tendência de maior número de correlações dos demais testes com o de CEI, quando este foi conduzido nos tempos de 18 e 24 horas de embebição, principalmente nas sementes envelhecidas. Resultados semelhantes foram obtidos por Herter e Burris (1989) na estimativa do potencial de viabilidade de sementes de milho através do analisador ASA-610, verificando que as avaliações mais seguras foram efetuadas em lotes que apresentavam menor qualidade, em relação aos lotes de qualidade superior e intermediários.

Pelo teste de CEI, o período de 12h de condicionamento foi o que melhor correlacionou com a emergência de plântulas em campo (EC) nas sementes envelhecidas, ao passo que pela CE - 25S e CE - 50S, as maiores correlações foram obtidas com a emergência em campo (EC), quando os períodos de embebição foram de 18 e 24 horas, respectivamente. O índice de vigor (IVg) apresentou um alto grau de associação positiva com a CEI nos períodos correspondente à 12, 18 e 24 horas de condicionamento, tanto para as sementes não envelhecidas (NE) como para as sementes envelhecidas (E).

4.5 Considerações gerais

De modo geral, as avaliações efetuadas permitiram a caracterização do perfil dos lotes e sua classificação em função do nível de qualidade, tanto para sementes envelhecidas como não envelhecidas.

Os testes utilizados para avaliação da qualidade mostraram a mesma tendência em considerar os lotes C 808, BR 3123 e BR 201 superiores aos demais, tanto nas sementes envelhecidas como nas sementes não envelhecidas. Do mesmo modo, essa tendência apontou os lotes AG 122, AG 405 e C 901, como sendo de qualidade fisiológica inferior.

Considerando os testes de condutividade elétrica de massa para 25 e 50 sementes, verificamos que ambas as metodologias foram capazes de detectar diferenças de vigor entre os materiais testados, diferenciando aquelas com potencial elevado de vigor, daquelas de qualidade fisiológica inferior. Entretanto, ocorreram alterações na classificação dos lotes em relação ao nível de vigor, de acordo com o tempo de condicionamento adotado, sendo que a partir de 18 horas, tanto com amostras de 25 como de 50 sementes, os resultados se mostraram mais consistentes, assemelhando-se aos obtidos por outros testes tradicionais de avaliação de vigor. Com referência ao teste de condutividade individual (CEI), 18 horas de embebição não foram suficientes para detectar diferenças reais na qualidade dos lotes envelhecidos. O período de 24 horas mostrou ser mais consistente permitindo assim, uma melhor separação dos lotes, em função da sua qualidade fisiológica. Resultados semelhantes foram obtidos por Schimidt e Tracy (1989).

De um modo geral, as três metodologias testadas, quando se considerou o tempo ideal de embebição, correlacionaram-se com os demais testes aplicados para avaliar a qualidade das sementes, demonstrando eficiência em detectar diferenças de vigor e estimar o potencial de viabilidade entre os materiais

estudados, para as sementes não envelhecidas (NE) e envelhecidas (E). As variações na classificação dos lotes de qualidade intermediária podem ser atribuídas a uma maior heterogeneidade dos mesmos, associadas ao fato de que os diversos testes utilizados avaliam diferentes aspectos de vigor.

Considerando os resultados obtidos, podemos afirmar que os testes de condutividade de massa e individual demonstraram ser de grande valia na avaliação do nível de vigor e potencial de viabilidade dos materiais estudados, para os dois níveis de qualidade testados fornecendo assim, informações importantes que podem ser utilizadas em programas de controle de qualidade.

5 CONCLUSÕES

Os teste de condutividade elétrica de massa e individual permitem a diferenciação de lotes de sementes de milho com diferentes níveis de vigor e potencial de viabilidade.

O período de relativo a 18 horas de condicionamento, para 25 e 50 sementes, permite a diferenciação dos lotes independente de seus níveis de qualidade fisiológica. Quanto ao tamanho das subamostras, podemos empregar 25 sementes na condução do teste.

A estimativa do potencial de viabilidade das sementes pelo teste de condutividade elétrica individual foi melhor detectada no período correspondente a 24 horas de embebição.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDUL-BAKI, A.A. Biochemical aspects of seed vigor. *HortScience*, Alexandria, v.15, n.6, p. 765-71, Dec. 1980.
- ABDUL-BAKI, A.A.; ANDERSON, J.D. Physiological biochemical deterioration of seeds. In: Koslowski, T.T. *Seed Biology*. New York: Academic press, 1972. v.2, p.283-315.
- ABDUL-BAKI, A.A.; ANDERSON, J.D. Vigor determination in soybean seed by multiple criteria. *Crop Science*, Madison, v.13, n.6, p.630-633, 1973.
- AGROSCIENCES. The automatic seed analyzers. *Instruction Manual*. Michigan, 1979. 32p.
- AIAZZI, L.; ARGUELLO, J.A.; PEREZ, A.; DIRIENZO, J.; GUZMAN, C.A. Deterioration in *Atriplex cordobensis* (Gandoger et Stuckert) seeds: natural and accelerated ageing. *Seed Science and Technology*, Wallingford, v.25, n.1, p. 147-155, 1997.
- ALIZAGA, R.; STERLING, F.; HERRERA, J. Evaluación del vigor en semillas de maíz y su relación con el comportamiento en el campo. *Agronomía Costarricense*, Costa Rica, v. 16, n. 2, p. 203-210, 1992.
- ALVAREZ, P.J.C.; KRZYZANOWSKI, F.C.; MANDARINO, J.M.C.; FRANÇA NETO, J.B. Relationship between soybean seed coat lignin content and resistance to mechanical damage. *Seed Science and Technology*, Wallingford, v.25, n.2, p.209-214, 1997.
- AMARAL, A.D.; PESKE, S.T. pH do exsudato para estimar em 30 minutos a viabilidade de sementes de soja. *Revista Brasileira de Sementes*, Brasília, v.6, n.3, p. 85-93, 1984.
- ANDERSON, J.D.; BAKER, J.E. Deterioration of seeds during aging. *Phytopathology*, St. Paul, v.73, n.2, p. 321-325, 1983.
- ANDRADE, R.V.; BORBA, C.S. Fatores que afetam a qualidade das sementes. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo; *Tecnologia para produção de sementes de milho*. Sete Lagoas: 1993. p.7-10. (EMBRAP - CNPSo. Circular Técnica, 19).

- BRADNOCK, W.T.; MATTHEWS, S. Assessing field emergence potential of wrinkle-seeded peas. *Horticultural Research*, Edinburg, v.10, p.50-58, 1970.
- BRANDÃO JR., D.S.; DINIZ, A.R.; CARVALHO, M.L.M.; VIEIRA, M.G.G.C.; OLIVEIRA, M.S.; OLIVEIRA, J.A. Avaliação de danos mecânicos e seus efeitos na qualidade fisiológica de sementes de milho (no prelo).
- BRANTON, D. Membrane struture. *Annual Review of Plant Physiology*, Palo Alto, v.20, p.209-238, 1969.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Regras para análise de sementes. Brasília: SNAD/DNPV/CLAV, 1992. 365p.
- BRUGGINK, H.; KRAAK, H.L.; DIKEMA, M.H.G.E.; BEKENDAM, J. Some factors influencing electrolyte leakage from maize (*Zea mays* L.) kernels. *Seed Science Research*, London, v.1, n.1, p.15-20, 1991.
- BYRUM, J.R.; COPELAND, L.O. Variability in vigour testing of maize (*Zea mays* L.) seed. *Seed Science Research*, London, v. 23, p. 543-549, 1995.
- CALERO, E.; WEST, S.H.; HINSON, K. Water absorption of seed and associated causal factors. *Crop Science*, Madison, v.21, n.6, p.926-933, Nov./Dec. 1981.
- CARVALHO, N.M. O conceito de vigor em sementes. In: VIEIRA, R.D.; CARVALHO, N.M. *Teste de vigor em sementes*. Jaboticabal: FUNEP, 1994. p.1-30.
- CARVALHO, N.M. Vigor de sementes. In: CÍCERO, S.M.; MARCOS FILHO, J.; SILVA, W.R. *Atualização em produção de sementes*. Campinas: Fundação Cargill, 1986. p. 207-223.
- CHERRY, J.H.; SKADSEN, R.W. Nucleid acid and protein metabolism during seed deterioration. In: McDONALD JR, M.D.; NELSON, C.J. *Physiology of seed deterioration*, CSSA, 1983. Cap. 4, p. 65-87. (Special Publication, 11).
- CHING, T.M.; SCHOOLCRAFT, I. Physiology and chemical differences in aged seeds. *Crop Science*, Madison, v.8, n.4, p.407-407, 1968.

ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYSTS. Seed Vigor Testing Handbook. Contribution n° 32, 1983. 88p.

BASAVARAJAPPA, B.S.; SHETTY, H.S.; PRAKASH, S.H. Membrane deterioration and other biochemical changes, associated with accelerated aging of maize seeds. *Seed Science and Technology*, Zurich, v.19, n.2, p.279-286, 1991.

BEDFORD, L.V. Conductivity testes in commercial and hand harvestd seed of pea cultivars and their relation to field establishment. *Seed Scienc and Technology*, Zurich, v.2, n.3, p.323-325, 1974.

BEKENDAN,J.; KRAAK, H.L. VOS, J. Studies of field emergence and vigour on onion, sugarbeet, flax and com. *Acta Horticultural*, Hage, v.215, p.83-94, 1987.

BERJAK, P. Stored seeds: the problems caused by microorganisms (with particular reference to the fungi) In: **NASSER, L.C.; WETZEL, M.M.; FERNANDES, J.M.** *Seed Pathology. International advance course, proceedings. Brasilia: Informativo ABRATES, 1987. p..38-50.*

BEWLEY, J.D. Membrane changes in seeds as related to germination and the pertubations resulting from deterioration in seed storage. In: **McDONALD Jr., M.B.; NELSON, C.J. (ed.)** *Physiology of the Seed Deterioration. CSSA, Madison, 1986. p.27-46.*

BEWLEY, J.D.; BLACK, M. *Seed Physiology of Development and Germination. 2. ed. New York: Plenum press, 1994. 445p.*

BINO, R.J.; JALINK, H.; OLUOCH, M.O.; GROT, S.P.C. Seed research for improved technologies. *Scientia Agricola, Piracicaba, v.55, p. 19-26, Ago. 1998.*

BOCHICCHIO, A.; CORADESHI, M.A.; ZIENNA, P.; BERTOLINI, M.; VAZZANA, C. Imbibitional injury in maize seed independent of chilling temperature. *Seed Science Research, Wallingford, v.1, n.1, p.85-90, 1991.*

BRADNOCK, W.T. Report of the vigor committes, 1971-1974. *Seed Science and Technology, Zurich, v.3, n.1, p.124-127, 1975.*

- COMISSÃO ESTADUAL DE SEMENTES E MUDAS DE MINAS GERAIS, Normas, Padrões e Procedimentos para produção de sementes básicas, certificadas e fiscalizadas. Belo Horizonte: IMA, 1998/1999.**
- COOLBEAR, P.** Mechanisms of seed deterioration. In: **BASRA, A.S. Seed quality basis mechanisms and agricultural implications**, New York: Haworth press, 1995. Cap 8, p.223-278.
- COPELAND, L.D.; McDONALD, M.B.** Seed vigor and vigor tests. In: **COPELAND, L.D.; McDONALD, M.B. Seed science and technology**. 3.ed. New York: Chapman & Hall, 1995. Cap 7, p. 153-181.
- COSTA, A.V.; EDIYAMA, T.; SILVA R.F. da; SEDIYAMA, C.S.** Absorção de água pelas sementes de soja. In: **SEMINÁRIO NACIONAL DE PESQUISA DE SOJA, 3.** 1984. Campinas. Anais... Londrina: EMBRAPA-CNPSO, 1984. p.952-957.
- CRUZ-GARCIA, F.; GONZÁLEZ-HERNANDEZ, V.A.; MOLINA-MORENO, J.; VÁZQUEZ-RAMOS, J.M.** Seed deterioration and respiration as related to DNA metabolism in germinating maize. **Seed Science and Technology**, Zurich, v.23, n.2, p.477-486, 1995.
- DAVIDSON, K.G.V.; MOORE III, F.D.** Comparison of seed quality indices resulting from single seed electroconductivity measurements. **HortScience**, Alexandria, v. 29, n. 10, p. 1158-113, Oct. 1994.
- DELOUCHE, J.C.; BASKIN, C.C.** Accelerated aging techniques for predicting the relative storability of seed lots. **Seed Science and Technology**, Zurich, v.1, n.2, p.427-452, 1973.
- DESAI, B.B.; KOLECHA, P.M.; SALUINKE, D.K.** Seed viability and longevity. In: **DESAI, B.B.; KOLECHA, P.M.; SALUINKE, D.K. Seed handbook - biology, production, processing and storage**. New York: Marcel Dekker, 1997. Cap 5, p. 73-90.
- DESWAL, D.P.; SHEORAN, I.S.** A simple method for seed leakage measurement: applicable to single seeds of any size. **Seed Science and Technology**, Zurich, v.21, n.1, p.179-185, 1993.
- DIAS, D.C.F.S.** Teste de condutividade elétrica e de lixiviação de potássio para avaliação do vigor de sementes de soja (*Glicine max* (L.) Merrill). Piracicaba: ESALQ, 1994. 136p. (Tese - Doutorado em Agronomia).

- DIAS, D.C.F.S.; MARCOS FILHO, J.** Testes de condutividade elétrica para avaliação do vigor de sementes de soja (*Glicine max* (L.) Merrill.). *Scientia Agricola*, Piracicaba, v.53, n.1, p.31-42, jan./fev. 1996.
- DIAS, D.C.F.S.; MARCOS FILHO, J.** Testes de vigor baseados na permeabilidade de membranas celulares: I. Condutividade elétrica. *Informativo ABRATES*, Londrina, v.5, n.1, p.26-36, 1995.
- DIAS, M.C.L.L.; BARROS, A.S.R.** Avaliação da qualidade de sementes de milho. Londrina: IAPAR, 1995. 43p. (IAPAR Circular, 88).
- EDJE, O.T.; BURRIS, J.S.** Seedling vigor in soybean. *Proceeding of Association Official Seed Analysts*, Springfield, v.60, p.149-157, 1970.
- ELLIS, R.H.; HONG, T.D.; ROBERTS, E.H.** Effect of moisture content and method of rehydration on the susceptibility of pea seeds to imbibition damage. *Seed Science and Technology*, Zurich, v.18, n.1, p.131-137, 1990.
- FAGIOLI, M.** Relação entre a condutividade elétrica de sementes e a emergência de plântulas de milho em campo. Jaboticabal: UNESP, 1997. 74p. (Dissertação - Mestrado em Agronomia).
- FRATIN, P.** Comparação entre métodos para a avaliação da qualidade fisiológica de sementes de milho (*Zea mays* L.). Piracicaba: ESALQ, 1987. 91p. (Dissertação - Mestrado em Agronomia).
- GILL, N.S.; DELOUCHE, J.C.** Deterioration of seed corn during storage. *Proceedings of the Association of Official Seed Analysts*, Lansing, v.63, n.1, p.35-50, 1973.
- GIVELBERG, A.; HOROWITZ, M.; POLJAKOFF-MAYER, A.** Solute leakage from *Solanum nigrum* L. seeds exposed to high temperatures during imbibition. *Journal of Experimental Botany*, Oxford, v.35, n.161, p.1754-1763, Dec. 1984.
- GRABE, D.F.** Measurement of seed vigor. *Journal of Seed Technology*, Lansing, v.1, n.2, p.18-23, 1976.

- GUTIÉRREZ, M.G.; CRUZ, F.; MORENO, J.; GONZÁLEZ-HERNANDEZ, V.A.; VÁZQUEZ-RAMOS, J.M. Natural and artificial ageing in maize: germination and DNA synthesis. *Seed Science Research*, London, v.3, n.4, p.279-285, Dec. 1993.
- HAMPTON, J.C. Conductivity test. In: **SEED VIGOUR TESTING SEMINAR**, 1995a, Copenhagen, Denmark. Abstracts.... Zurich: ISTA, 1995. p.10-28.
- HAMPTON, J.C. Methods of viability and vigor testing: a critical appraisal. In: **BASRA, A S. Seed quality basis mechanisms and agricultural implications**, New York: Haworth press, 1995b. Cap 3, p. 81-118.
- HAMPTON, J.C.; COOLBEAR, P. Potencial versus actual seed performance. Can vigour testing provide na answer ? *Seed Science and Technology*, Zurich, v.18, n.2, p.215-228, 1990.
- HAMPTON, J.C.; JHONSTONE, K.A.; EUA-UMPON, V. Bulk conductivity test variables for mungbean, soybean and french bean seed lots. *Seed Science and Technology*, Zurich, v.20, n.3, p.677-86, 1992.
- HAMPTON, J.C.; TEKRONY, B.M. Conductivity test. In: HAMPTON, J.C.; TEKRONY, B.M. **Handbook of vigour test methods**. 3.ed. Zurich: ISTA, 1995. P.22-34.
- HARRINGTON, J.F. Problens of seed. In: HEYDECKER, W.H. (ed.) *Seed ecology*. Pennsylvania: State University press, 1973. p.251-265.
- HEPBURN, H.A.; POWELL, A.A.; MATTHEWS, S. Problems associated with the routine aplication of eletrical conductivity measurements of individual seeds in the germination testing of peas and soybeans. *Seed Science and Technology*, Zurich, v.12, n.2, p.403-413, 1984.
- HERTER, U.; BURRIS, J.S. Evaluating drying injury on corn seed with a conductivity test. *Seed Science and Technology*, Zurich, v.17, n.3, p.625-38, 1989.
- HEYDECKER, W. Vigour. In: ROBERTS, E.H. (ed.) **Viability of seeds**. London: Chapman and Hall, 1974. p.209-52.

- HOPER, N.M.; HINTON, H.R. Electrical conductivity as a measure of planting seed quality in cotton. *Agronomy Journal*, Madison, v.79, n.1, p.147-152, Jan./Feb. 1987.
- ILLIPRONTI JR., R.A ; LANGERAK, C.J.; LOMMEN, W.J.M. Variation in and relationships between physical and physiological seed attributes within a soybean seed lot. *Seed Science and Technology*, Wallingford, v.25, n.21, p. 215-231, 1997.
- KALPANA, R.; MADHAVARAO, K.V. Lowered lipoxygenase activity in seeds of pigeonpea *Cajanus cajan* L. Millsp. Cultivars during accelerated ageing. *Seed Science Research*, London, v. 21, p. 269-272, 1993.
- KHAN, M.M.; HENDRY, G.A F.; ATHERTON, N.M.; VERTUCCI-WALTERS, C.W. Free radical accumulation and lipid peroxidation in testas of rapidly aged soybean seeds: a light promoted process. *Seed Science Research*, Wallingford, v.6, n.3, p.101 -107, Sept. 1996.
- KRZYZANOWSKI, F.C.; FRANÇA NETO, J.B.; HENNING, A.A. Relato dos testes de vigor disponíveis para as grandes culturas. *Informativo ABRATES*, Londrina, v.1, n.2, p.15-50, 1991.
- KRZYZANOWSKI, F.C.; MIRANDA, Z.F.S. Relatório do comitê de vigor da ABRATES. *Informativo ABRATES*, Londrina, v.1, n. 1, p.1-25, 1990.
- LARSON, L.A. The effect of soaking pea seeds with or without seedcoats has on seedlings growth. *Plant Physiology*, Bethesda, v.43, n.2, p.255-9, Feb. 1968.
- LEOPOLD, A.A. Temperature effects on soybean imbibition and leakage. *Plant Physiology*, Bethesda, v.65, n.6, p.1096-1098, June. 1980.
- LIN, S.S. Alterações na lixiviação eletrolítica, germinação e vigor da semente de feijão envelhecida sob alta umidade relativa do ar e alta temperatura. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, Brasília, v.2, n.2, p.1-6, 1990.
- LIN, S.S. Efeito do período de armazenamento na lixiviação eletrolítica dos solutos celulares e qualidade fisiológica da semente de milho (*Zea mays* L.) e feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). *Revista Brasileira de Sementes*, Brasília, v.10, n.3, p.59-67, set./dez. 1988.

- LOEFFLER, T.M. The bulk conductivity test as an indicator of soybean seed quality. Lexington: University of Kentucky, 1981. 181p. (Dissertação).
- LOEFFLER, T.M.; TEKRONY, D.M.; EGLI, D.B. The bulk conductivity test as an indicator of soybean seed quality. *Journal Seed of Technology*, Springfield, v.12, n.1, p.37-53, 1988.
- LUCCA FILHO, D.A. Teste de sanidade de sementes de milho. In: SOAVE, J.; WETZEL, M.M.V.S. *Patologia de sementes*. Campinas: Fundação Cargill. 1987. p.430-440.
- MACHADO, J.C. *Patologia de Sementes: fundamentos e aplicações*. Brasília: Ministério da Educação; Lavras: ESAL/FAEPE, 1988. 107p.
- MAITI, R.K.; RAJU, P.S.; BIDINGER, F.R. Studies on germinability and some aspects of pre-harvest physiology of sorghum grain. *Seed Science and Technology*, Zurich, v.13, n.1, p.27-35, 1985.
- MARBACH, I.; MAYER, A.M. The effect of temperature change leakage from pea seeds. *Journal Experimental of Botany*, Oxford, v.36, n.64, p.353-358, Mar. 1985.
- MARCOS FILHO, J. New approaches to seed vigor testing. *Scientia Agricola*, Piracicaba, v. 55, p. 27-33, ago. 1998. (Número especial).
- MARCOS FILHO, J.; CÍCERO, S.M.; SILVA, W.R. Avaliação da qualidade fisiológica das sementes. Piracicaba: FEALQ, 1987. 230p.
- MARCOS FILHO, J.; McDONALD, M.B. Sensitivity of RAPD analysis germination and vigour test to detect the intensity deterioration of naturally and artificially aged soybean seeds. *Seed Science and Technology*, Zurich, v. 26, n.1, p. 141-157, 1998.
- MARCOS FILHO, J.; SILVA, W.R.; NOVENBRE, A.O.C.L.; CHAMMA, H.M.C.P. Estudo comparativo de métodos para avaliação da qualidade fisiológica de semente de soja, com ênfase ao teste de condutividade elétrica. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.25, n.12, p. 1805-1815, dez. 1990.
- MARIANO, M.I.A. Avaliação qualitativa de sementes de milho durante o beneficiamento, com ênfase para danificação mecânica. Piracicaba: ESALQ/USP, 1991. 106p. (Dissertação de mestrado).


- MATTHEWS, S.** Evaluation of techniques for germination and vigour studies. *Seed Science and Technology*, Zurich, v.9, n.2, p.543-551, 1981.
- MATTHEWS, S.** Physiology of seed aging. *Outlook on Agriculture*, England, v.14, n.2, p.89-94, 1985.
- MATTHEWS, S.; BRADNOCK, W.T.** The detection of seed samples of wrinkle-seeded peas (*Pisum sativum L.*) of potentially low planting-value. *Proceeding International Seed Testing Association*, Zurich, v.32, n.3, p.553-563, 1967.
- MATTHEWS, S.; BRADNOCK, W.T.** Relationship between seed exudation and field emergence in peas and french beans. *Horticultras Research*, Edinburg, v.8, p.89-93, 1968.
- MATTHEWS, S.; POWELL, A.A.** Electrical conductivity test. In: **PERRY, D.A.** *Handbook of vigor test methods*. Zurich: ISTA, 1981. p.37-42.
- McDONALD Jr. M.B.** Assessment of seed quality. *HortScience*, Alexandria, v.15, n.6, p.784-788, Dec. 1980.
- McDONALD Jr. M.B.; PHANEENDRANATH, B.R.** A modified accelerated aging seed vigor test for soybeans. *Journal of Seed Technology*, Lansing, v.1, n.3, p.27-37, 1978.
- McDONALD Jr. M.B.; WILSON, D.O.** An assessment of the standardization and ability of the ASA-610 to rapidly predict potential soybean germination. *Journal of Seed Technology*, Lansing, v.4, n.1, p.1-11, 1979.
- McDONALD Jr., M.B.; WILSON, D.O.** ASA-610 ability to detect changes in soybean seed quality. *Journal of Seed Technology*, Lansing, v.5, n.1, p.56-66, 1980.
- McDONALD, M.B.; SULLIVAN, J.; LAUER, M.J.** The pathway of water uptake in maize seeds. *Seed Science and Technology*, Wallingford, v. 22, p. 79-90, 1995.
- McDONALD, S.; PHANEENDRANATH, B.R.** A modified accelerated aging vigor test procedure. *Journal Seed of Technology*, Lansing, v.3, n.1, p.27-37, 1978.

- MEDINA, P.F.; MARCOS FILHO, J. Avaliação da qualidade fisiológica de sementes de milho (*Zea mays* L.). Piracicaba: ESALQ, v.47, n.1, p.47-70, 1990.
- MINOHARA, L. Determinação do ponto de colheita em sementes de milho (*Zea mays* L.) através da linha de transformação em amido e camada preta. Jaboticabal: FCAV/UNESP, 1992. 51p.
- MIRANDA, M.C. Evaluation of an electrical conductivity method for rapidly estimating germination and assessing deterioration of soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) seed. Mississippi, 1981. 89p. (Ph.D.- Faculty of Mississippi State University).
- MULLET, J.H.; WILKINSON, R.I. The relationship between amounts of electrolyte lost on leaching seeds of *Pisum sativum* and some parameters of plant growth. *Seed Science and Technology*, Zurich, v.7, n.3, p.393-398, 1979.
- MURPHY, J.B.; NOLAND, T.L. Temperature effects on seed imbibition and leakage mediated by viscosity and membranes. *Plant Physiology*, Rockville, v. 69, n. 2, p. 428-431, Feb. 1982.
- MURRAY, D.R. Axis-cotyledon relationships during reserve mobilization. In: MURRAY, D.R. *Seed Physiology*. New York: Academic press, 1984. v.2, 295p.
- MYCOCK, D.J.; BERJAK, P. The implication of seed associated mycoflora during storage. In: JAIME, K.; GALILI, G. *Seed development and germination*. New York: Basel, 1995. p.747-766.
- OLIVEIRA, J.M.; CARVALHO, M.L.M. Teste de vigor. In: OLIVEIRA, J.M.; CARVALHO, M.L.M. *Produção e tecnologia de sementes: análise de sementes*, Lavras: UFLA/FAEPE, 1998. Cap.5, p.91-130.
- OLIVEIRA, M.A.; MATTHEWS, S.; POWELL, A.A. The role of split seed coats in determining seed vigour to commercial seed lots of soybean, as measured by the electrical conductivity test. *Seed Science and Technology*, Zurich, v.12, n.2, p. 659-668, May./ Aug. 1984.
- PAIVA AGUERO, J.A. Correlação de condutividade elétrica e outros testes de vigor com emergência de plântulas de soja em campo. Jaboticabal: UNESP, 1995. 92p. (Dissertação - Mestrado em Agronomia).

- PANDEY, D.K. Conductivity testing of seeds. In: LINSKENS, H.F.; JACKSON, J.F. Seed analysis. Germany: Springer-Verlag, 1992. Cap. 14, p. 273-299.
- PANOBIANCO, M. Variação na condutividade elétrica de sementes de diferentes genótipos de soja e relação com o conteúdo de lignina no tegumento. Jaboticabal: UNESP, 1997. 59p. (Dissertação - Mestrado em Agronomia).
- PANOBIANCO, M.; VIEIRA, R.D. Elettrical conductivity of soybean soaked seeds. I Effect of genotype. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 31, n. 9, p. 621-627, set. 1996.
- PEARCE, R.S.; ABDEL SAMAD, I.M. Change in fatty acid content of polar lipids during ageing of seeds of peanut (*Arachis hypogaea* L.). Journal of Experimental Botany, Oxford, v. 31, n.124, p.1283-1290, Oct. 1980.
- PERRY, D.A. Report of vigor test comitee 1977-80. Seed Science and Technology, Zurich, v. 9, n. 1, p. 115-126, Jan./Mar. 1981.
- PONQUET, R.T.; SMITH, M.T.; ROSS, G. Lipid autoxidation and seed ageing: putative relationships between seed longevity and lipid stability. Seed Science Research, Wallingford, v.2, p.51-54, 1992.
- POPINIGIS, F. Fisiologia da Semente. Brasília: AGIPLAN, 1985. 289p.
- POWELL, A.A. Cell membranes and seed leachate conductivity in relation to the quality of seed for sowing. Journal Seed of Technology, Springfield, v.10, n.2, p.81-100, 1986.
- POWELL, A.A. Seed improvement by selection and invigoration. Scientia Agricola, Piracicaba, v.55, p. 126-133, Aug. 1998.
- POWELL, A.A.; FERGUSON, A.J.; MATTHEWS, S. Identification of vigor differences among combining pea (*Pisum sativum*) seed lots. Seed Science and Technology, Wallingford, v.25, n.3, p.443-464, 1997.
- POWELL, A.A.; HARMAN, G.E. Absence of a consistent association of changes in membranal lipids with the ageing of pea seeds. Seed Science and Technology, Zurich, v.13, n. 3, p. 659-667, Sep./Dec. 1985.

- POWELL, A.A.; MATTHEWS, S. The influence of testa condition on the imbibition and vigour of pea seeds. *Journal of Experimental Botany*, Oxford, v.37, n.178, p.193-197, May. 1979.
- POWELL, A.A.; OLIVEIRA, M.A.; MATTHEWS, S. The role of embebiton damage in determing the vigor of white and coloured seed lots of dwarf french beans (*Phaseolus vulgaris*). *Journal Experimental of Botany*, Oxford, v. 37, n.137, p.716-722, 1986.
- PRETE, C.E.C. Condutividade elétrica do exudato de grãos de café (*Coffea arabica* L.) e sua relação com a qualidade da bebida. Piracicaba: ESALQ, 1992. 125p. (Tese - Doutorado em Agronomia).
- PRIESTLEY, D.A.; LEOPOLD, A.C. Absence of lipid oxidation during accelerated aging soybeans seeds. *Plant Physiology*, Rockville, v.63, n.4, p.726-729, 1979.
- PRIESTLEY, D.A.; WERNWER, B.G.; LEOPOLD, A.C.; McBRIDE, M.B. Organic free radical levels in seeds and pollen: the effects of hydratation and aging. *Physiologia Plantarum*, Munksgaard, v.1, n.64, p.88-94, 1985.
- PUNTARULO, S.; BOVERIS, A. Effect of natural and accelerated aging on the hidroperoxide metabolism of soybean embrionic axes. *Plant Science*, Oxford, v.68, p. 27-32, 1990.
- ROBERTS, E.H. Loss of seed viability: chromosomal and genetic aspects. *Seed Science and Technology*, Zurich, v.1, p.515-527, 1973.
- SAMPAIO, N.V.; GIMÉNEZ-SAMPAIO, T.; DURAN, J.M. Estudo de variáveis na leitura de condutividade elétrica com um analisador automático de sementes modelo ASAC 1000. *Revista Brasileira de Sementes*, Brasília, v. 18, n. 2, p. 197-204, 1995.
- SANTANA, D.G. Adaptação do teste do pH do exsudato e vialbilidade do uso da amostragem sequencial na rápida definição sobre o destino de lotes de sementes de milho (*Zea mays* L.). Lavras: UFLA, 1994. 77p. (Dissertação - Mestrado em Fitotecnia).
- SANTIPRACHA, W.; SANTIPRACHA, Q.; WONGUARODOM, V. Hybrid com seed quality and accelerated aging. *Seed Science and Technology*, Zurich, v.25, n.2, p. 203-208, 1997.

- SANTOS, C.M. Influência do controle do crescimento, do uso de fungicidas e da freqüência de colheita, nos caracteres agrônômicos e na qualidade da fibra e da semente do algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.). Viçosa: UFV, 1993. 184p. (Tese - Doutorado em Agronomia).
- SATO, O.; CÍCERO, S.M. Seleção de espigas e debulha das sementes de milho (*Zea mays* L.): I - efeitos sobre a qualidade física e infestação por insetos. *Scientia Agricola*, Piracicaba, v.49, n.1, p.93-101, 1992.
- SCHIMIDT, D.H.; TRACY, W.F. Duration of imbibition affects seed leachate conductivity in sweet corn. *HortScience*, Alexandria, v.24, n.2, p.346-347, 1989.
- SCOTT, D.J.; CLOSE, R.C. An assessment of seed factors affecting field emergence of garden pea seed lots. *Seed Science and Technology*, Zurich, v.4, n.2, p.287-300, Apr./June. 1976.
- SHORT, G.E.; LACY, M.L. Carbohydrate exudation from pea seeds: Effect of cultivar, seed age, seed color, and temperature. *Phytopathology*, St Paul, v.66, n.2, p.182-187, 1976.
- SIDDIQUE, M.A.; GOODWIN, P.B. Conductivity measurements on single seeds to predict the germinability of french beans. *Seed Science and Technology*, Zurich, v.13, n.3, p.643-652, Sep./Dec. 1985.
- SIMON, E.W. Phospholipids and plant membrane permeability. *New Phytopathology*, Oxford, v.73, n.3, p.377-420, 1974.
- SIMON, E.W.; MATHAVAN, S. The time-course of leakage from imbibing seeds of different species. *Seed Science and Technology*, Zurich, v.14, n.1, p.9-13, Jan./Apr. 1976.
- SIMON, E.W.; RAJA HARUN, R.M. Leakage during seed imbibition. *Journal Experimental of Botany*, Oxford, v.23, n.77, p.1076-1085, 1972.
- SINGER, S.; NICHOLSON, G. The fluid mosaic model the structure of cell membranes. *Science*, Washington, v.175, p.720-730, 1972.
- SMITH, C.W.; VARNIL, J.J. Fungicide and temperature affect leachate-predicted germination of cotton. *Agronomy Journal*, Colorado, v.77, p.9-12, 1985.



SMITH, M.T.; BERJACK, P. Deteriorative changes associated with the loss of viability of stored desiccations of seed associated mycoflora during storage. In: JAIME, K.; GALILI, G. **Seed development and germination**. New York: Basel, 1995. p.701-746.

STEERE, W.C.; LEVENGOOD, W.C.; BONDIE, J.M. An electronic analyser for evaluating seed germination and vigor. **Seed Science and Technology**, Zurich, v.9, n.2, p.567-576, Apr./June. 1981.

STOECKENIUS, M. Some electron, microscopical observations on liquid crystalline phases in lipid-water systems. **Journal of Cell Biology**, New York, v.12, n.2, p.221-229, 1962.

SUMIMY, C. Comparison of methods for detecting seed deterioration of soft white winter wheat kept in unconditioned storage. **The News Letter of the Association of Official Seed Analysts**, New York, v.66, n.1, p.41-45, Feb. 1992.

SWAMY, P.M.; NARASIMHA REDDY, S.B. Changes in the leakage of electrolytes from groundnut seeds (*Arachis hypogaea*) during after-ripening. **Seed Science and Technology**, Zurich, v.4, n.4, p.645-648, Oct./Dec. 1977.

TAO, K.L.J. Factors causing variations in the conductivity test for soybean seeds. **Journal of Seeds Technology**, Springfield, v.3, n.1, p.10-18, 1978.

TAO, K.L.J. Vigor "referee" test for soybean and corn. **The Newsletter Association of Official Seed Analysts**, Lansing, v.54, n.1, p.40-58, 1980.

TEKRONY, D.M. Seed vigor testing. **Journal of Seed Technology**, Lansing, v.8, n.1, p.55-60, 1983.

THAPLYAL, R.C.; CONNOR, K.F. Effects of accelerated ageing on viability, leachate exudation and fatty acid content of *Dalbergia sissoo* Roxb. Seeds. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 25, n.2, p. 311-319, 1997.

THORNTON, J.M.; POWELL, A.A.; MATTHEWS, S. Investigation of the relationship between seed leachate conductivity and the germination of *Brassica* seed. **Annual of Application Biology**, v.117, n.1, p.129-135, 1990.

- TOLEDO, F.F.; MARCOS FILHO, J.** Manual das sementes - tecnologia de produção. São Paulo: Ceres, 1977. 244p.
- TRACY, W.F.; JUVIK, J.A.** Electrolyte leakage and seed quality in a shurunken-2 maize selected for improved field emergence. *HortScience*, Alexandria, v.23, n.4, p.391-392, 1988.
- TYAGI, C.S.** Evaluating viability and vigour in soybean seed with automatic seed analyzer. *Seed Science and Technology*, Zurich, v.20, n.3, p. 687 - 694, Sep./Dec. 1992.
- VASCONDELOS DE ASSIS, L.M.; CARNEIRO, J.W.P.** Combinação do modelo de weibull com medidas de condutividade elétrica considerando três níveis e incremento. *Revista Brasileira de Sementes*, Brasília, v.17, n.2, p.133-136, July/Dec. 1995.
- VIEIRA, R.D.** Teste de condutividade elétrica. In: VIEIRA, R.D.; CARVALHO, N.M. Teste de vigor em sementes. Jaboticabal: FUNEP, 1994. p.103-132.
- VIEIRA, R.D.; PANOBIANCO, M.; LEMOS, L.B.; FORNASIERI FILHO, D.** Efeito de genótipos de feijão e de soja sobre os resultados da condutividade elétrica de sementes. *Revista Brasileira de Sementes*, Brasília, v. 18, n. 2, p. 220-224, jul./dez. 1996.
- VIEIRA, R.D.; TEKRONY, D.M.; EGLI, D.B.** Effect of drought and defoliation stress in the field on soybean seed germination and vigor. *Crop Science*, Madison, v..32, n. 2, p. 471-475, Mar/Apr. 1992. .
- VON PINHO, E.V.R.; CAVARIANI, C.; ALEXANDRE, A D.; MENTEN, J.O M.; MORAES, M.H.D.** Efeitos do tratamento fungicida sobre a qualidade sanitária e fisiológica de sementes de milho (*Zea mays L.*). *Revista Brasileira de Sementes*, Brasília, v. 17, n. 1, p. 23-28, jan./jun. 1995.
- WANG, Y.R.; HAMPTON, J.G.; HILL, M.J.** Red clover vigour testing - Effects of three test variables. *Seed Science and Technology*, Zurich, v.22, n.1, p.99-105, 1994.
- WATERS Jr., L.; BLANCHETTE, B.L.** Prediction of sweet corn field emergence by conductivity and cold tests. *Journal of American Horticultural Science*, St Joseph, v.108, n.5, p.778-781, 1983.

- WETZEL, M.M.V.S. Fungos de armazenamento. In: SOAVE, J.; WETZEL, M.M.V.S. *Patologia de sementes*. Campinas: Fundação Cargill, 1987. Cap.9, p.260-275.
- WILSON Jr., D.O.; ALLEYNE, B.S.; MOHAN, S.K. Combining vigor test results of final stand of shrunken-2 sweet corn seed. *Crop Science*, Madison, v.32, n.6, p.1496-1502, Nov./Dec. 1992.
- WILSON Jr., D.O.; McDONALD Jr., M.B. The lipid peroxidation model of seed ageing. *Seed Science and Technology*. Zurich, v.4, n.2, p.269-300, May./Aug. 1986.
- WILSON Jr., D.O.; TRAWATHA, S.E. Physiological maturity and vigor in production of 'Florida Staysweet' shrunken-2 sweet corn seed. *Crop Science*, Madison, v.31, p.1640-1647, 1991.
- WOODSTOCK, L.W. Physiological and biochemical test seed vigor. *Seed Science and Technology*, Zurich, v.1, n.1, p.127-157, Jan./Mar. 1973.
- WOODSTOCK, L.W. Seed imbibition: a critical period for successful germination. *Journal of Seed Technology*, Zurich, v.12, n.1, p.1-15, 1988.
- YALICH, R.W.; KULIK, M.M.; ANDERSON, J.D. Evaluation of vigor tests in soybean seeds: relationship of ATP, conductivity, and radioactive tracer multiple criteria laboratory tests to field performance. *Crop Science*, Madison, v.19, n.6, p.806-810, Nov./Dec. 1979.
- ZHANG, M.; MAEDA, Y.; FURIHATA, Y.; NAKAMAR, Y.; ESASHI, Y.A. Mechanism of seed deterioration in relation to the volatile compounds evolved by dry seeds themselves. *Seed Science Research*, London, v.4, n.1, p.49-56, Mar. 1994.

ANEXO

ANEXO A

Página

TABELA 1A Valores de F obtidos na análise de variância dos dados referentes aos testes de germinação (TPG), primeira contagem (PC), envelhecimento artificial (EA), tetrazólio 1 -3 (TZV) e 1 - 5 (TZVB), pH do exudato (pHE) e dano mecânico (DM). UFLA, Lavras - MG, 1999.....	103
TABELA 2A Valores de F obtidos na análise de variância dos dados referentes aos testes de frio (TF), peso seco (PS), índice de velocidade de emergência (IVE), estande final (EF), emergência em campo (EC). UFLA, Lavras - MG, 1999.	103
TABELA 3A Valores de F obtidos na análise de variância dos dados referentes aos testes de condutividade elétrica de massa, com amostras de 25 e 50 sementes, e individual (CEI). UFLA, Lavras - MG, 1999.....	104
TABELA 4A Valores de F obtidos através da análise de variância dos dados referentes ao teste de sanidade (TS). UFLA, Lavras - MG, 1999.....	104
TABELA 5A Valores médios originais (%) relativos aos testes de germinação (TPG), primeira contagem (PC), envelhecimento artificial (EA), tetrazólio 1 -3 (TZV) e 1 - 5 (TZVB), frio (TF), peso matéria seca de plântulas (PS) em gramas, índice de velocidade de emergência (IVE), estande final (EF), emergência em campo (EC), pH do exudato (pHE) e dano mecânico (DM). UFLA, Lavras-MG, 1999.....	105

TABELA 1A. Valores de F obtidos na análise de variância dos dados referentes aos testes de germinação (TPG), primeira contagem (PC), envelhecimento artificial (EA), tetrazólio 1-3 (TZV) e 1-5 (TZPG), pH do exudato (pHE) e dano mecânico (DM). UFLA, Lavras - MG, 1999.

FV	TPG	PC	EA	TZV	TZPG	pHE	DM
Cultivar (Cv)	11,101**	13,864**	70,295**	26,063**	1,415 n	14,264**	96,781ns
Níveis de Qualidade (NQ)	342,822**	660,321**	583,199**	430,983**	89,188**	36,269**	8,973**
Cv x NQ	4,886**	4,877**	7,956**	21,891**	2,184 *	3,537**	10,697**
CV (%)	5,467	5,17	8,76	3,903	4,709	13,138	7,698

** - significativo a 1% de probabilidade.
ns - significativo

TABELA 2A. Valores de F obtidos na análise de variância dos dados referentes aos testes de frio (TF), peso matéria seca de plantas (PS), índice de velocidade de emergência (IVE), estado final (EF), emergência em campo (EC). UFLA, Lavras - MG, 1999.

FV	TF	PS	IVE	EF	EC
Bloco	0,259 ns	9,008**	1,609 ns	0,569 ns	7,497**
Cultivar (Cv)	20,994**	16,738**	4,867**	5,504**	10,350**
Níveis de Qualidade (NQ)	113,938**	8,182**	97,085**	146,482**	115,284**
Cv x NQ	11,303**	4,497 **	4,069 **	5,778**	6,410 **
CV (%)	7,316	12,015	6,070	5,023	8,430

** - significativo a 1% de probabilidade.
ns - significativo

TABELA 3A. Valores de F obtidos na análise de variância dos dados referentes aos testes de condutividade elétrica de massa, com amostras de 25 e 50 sementes, e individual (CEI). UFLA, Lavras - MG, 1999.

FV	CE - 25S	CE - 50S	CE - I
Tempo de Embebição	1133,014	1238,756	1125,545
Lotes	553,643	466,392	114,640
Níveis de Qualidade (NQ)	717,721	315,574	380,003
TE * Lotes	32,347	23,114	15,175
TE * NQ	14,188	13,324	46,424
Lotes * NQ	14,197	6,482	6,039
TE * Lotes * NQ	3,853	3,514	1,754
CV (%)	10,531	7,97	6,01

** significativo a 1% de probabilidade.

* - significativo ao nível de 5% de probabilidade.

TABELA 4A. Valores de F obtidos através da análise de variância dos dados referentes ao teste de sanidade (TS). UFLA, Lavras - MG, 1999.

PATÓGENO	F	CV(%)	DMS(5%)
<i>Aspergillus flavus</i>	131,105**	17,03	0,95
<i>Aspergillus glaucus</i>	54,319**	15,38	0,92
<i>Aspergillus niger</i>	39,357**	21,38	1,14
<i>Aspergillus ochraceous</i>	10,620**	45,50	0,88
<i>Cephalosporium maydis</i>	6,729**	52,27	0,71
<i>Diplodia maydis</i>	20,274**	40,46	1,23
<i>Fusarium moniliforme</i>	2,249*	21,09	0,24
<i>Penicillium spp</i>	45,250**	47,53	0,75

* - significativo ao nível de 5% de probabilidade.

** - significativo ao nível de 1% de probabilidade.

TABELA 5A. Valores médios originais (%) relativos aos testes de germinação padrão (TPG), primeira contagem (PC), envelhecimento artificial (EA), tetrazólio 1 -3 (TZVg) e 1 - 5 (TZVg), frio (TF), peso seco (PS) em gramas, índice de velocidade de emergência (IVE), estande final (EF), emergência em campo (EC), pH do exudato (pHE) e dano mecânico (DM).

LOTES	TESTES											
	pHE	TPG	PC	EA	TF	TZVg	TZVb	IVE	EF	PS	EC	DM
C 808	75 a	98 a	96 a	63 a	87 a	81 a	95 a	13,73 ab	99 a	14,99 b	78 a	44 c
BR 3123	65 ab	94 bc	91 bcd	56 b	81 ab	70 bc	95 a	13,28 abc	98 ab	18,42 a	74 ab	18 a
BR 201	62 bc	95 ab	94ab	57 ab	83 ab	70 bc	97 a	14,29 a	97 ab	13,41 bc	73 ab	44 c
BR 205	56 bcd	93 bcd	93 bc	54 b	75 bc	75 b	95 a	13,74 ab	95 b	11,17 c	62 bc	50 dc
AG 122	56 bcd	91 cd	88 cd	26 d	57 d	65 c	95 a	12,60 bc	95 b	14,52 b	50 c	36 b
AG 405	51 cd	89 d	87 d	31 d	66 cd	80 a	93 a	13,36 abc	94 b	13,07 b	64 b	54 b
C 701	47 d	95 ab	94 ab	45 c	69 c	65 c	97 a	13,21 abc	99 a	15,42 b	70 ab	48 cd
C 901	45 d	91 cd	88 cd	40 c	64 cd	68 c	94 a	12,34 c	94 b	10,97 c	67 ab	46 cd
F	1,73 ns	4,89**	4,87**	7,96**	11,30**	21,89**	2,18 ns	0,99 ns	5,78**	0,94 ns	1,77 ns	0,30 ns
CV (%)	13,13	5,47	5,17	8,76	7,32	3,90	3,90	6,07	5,02	12,01	8,43	7,70
DMS (5%)	16,74	6,36	5,85	5,78	9,68	5,08	5,08	1,82	8,96	3,78	10,43	7,29

Médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

** - significativo ao nível de 1% de probabilidade

ns - não significativo