

MORFOLOGIA INTERNA E GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE ARROZ DE TERRAS BAIXAS PRODUZIDAS EM DIFERENTES REGIMES HÍDRICOS

VANESSA NEUMANN SILVA¹; NATÁLIA ARRUDA²; SILVIO MOURE CICERO³,
CLEBER MAUS ALBERTO⁴; ROBSON GIACOMELI⁵

¹Engenheira Agrônoma, Doutora, Prof. Adjunta, Universidade Federal do Pampa, vnpe1@yahoo.com.br

²Engenheira Agrônoma, Doutoranda em Fitotecnia, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, nathy.a@hotmail.com

³Engenheiro Agrônomo, Doutor, Professor Titular, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, smcicero@usp.br

⁴Engenheiro Agrônomo, Doutor, Prof. Adjunto, Universidade Federal do Pampa, cleberalb@gmail.com

⁵Engenheiro Agrônomo, Universidade Federal da Fronteira Sul, robsongiacomeli@yahoo.com.br

1 RESUMO

O objetivo deste trabalho foi identificar, por meio de análise de imagens de raios X, se existem diferenças morfológicas em sementes de arroz produzidas em diferentes regimes hídricos e verificar a relação entre a morfologia das sementes e a germinação. Sementes de arroz dos cultivares IRGA 417, IRGA 424 e INOV CL foram produzidas no município de Itaqui, Estado do Rio Grande do Sul, sob diferentes regimes hídricos, em dois sistemas de irrigação: inundado e aspersão. Os tratamentos utilizados constituíram-se em sistema de irrigação por aspersão, com quatro lâminas de irrigação (50%, 100%, 150% e 200% de evapotranspiração da cultura) e sistema de irrigação por inundação. A colheita das sementes foi realizada de forma manual quando as mesmas apresentavam em média 23% de grau de umidade base seca, procedendo-se a secagem até atingirem em média 13% e posteriormente foram armazenadas em sacos de papel em ambiente de laboratório sem controle das condições ambientais. Após 12 meses de armazenamento, as sementes foram submetidas ao teste de raios X, para obtenção das imagens e em seguida foram conduzidas ao teste de germinação, com contagem de plântulas normais 5 dias após a semeadura. A análise de imagens de raios X permite a identificação de alterações e danos internos em sementes de arroz produzidas em diferentes regimes hídricos, com reflexos negativos no potencial fisiológico das sementes produzidas sob regime de menor disponibilidade hídrica.

Palavras-chave: raios X, *Oryza sativa*, análise de imagens

**SILVA, V. N.; ARRUDA, N., CICERO, S. M., MAUS, C. A., GIACOMELI, R.
INTERNAL MORPHOLOGY AND GERMINATION OF RICE SEEDS PRODUCED
UNDER DIFFERENT IRRIGATION SYSTEMS**

2 ABSTRACT

The objective of this study was to identify by X-ray image analysis, the existence of morphological differences in rice seeds produced under different water regimes, and to determine the relationship between seed morphology and seed germination. Rice seeds of

IRGA 417, IRGA424 and INOV CL cultivars were grown in Itaqui city, Rio Grande do Sul state, Brazil, under different water regimes using two irrigation systems: flooded and sprinkler. Treatments consisted of a sprinkler irrigation system, with four levels of irrigation (50%, 100%, 150% and 200% of crop evapotranspiration) and a flood irrigation system. Seed harvest was performed manually when the average moisture content of seeds was 23%. The drying procedure was performed until the seeds reached 13% moisture content. After that, they were stored in paper bags in room temperature (not controlled conditions). After 12 month-storage period, the seeds underwent X ray for images, followed by germination tests. Counting of regular seedlings was performed 5 days after sowing. The analysis of X-ray images showed changes and internal damages in rice seeds produced in different water regimes, with negative effects on the physiological potential of seeds produced under lower water availability regime.

Keywords: X ray, *Oryza sativa*, image analyzes.

3 INTRODUÇÃO

No Brasil, a maior parcela da produção de arroz é proveniente do ecossistema de várzea, sendo este responsável por 69% da produção nacional, considerada assim um estabilizador da safra nacional, uma vez que não é tão dependente das condições climáticas como no caso dos cultivos de sequeiro (EMBRAPA, 2005). Entretanto, o cultivo de arroz irrigado por inundação apresenta altos custos de produção, principalmente em função da grande necessidade de água que este sistema exige. Em contrapartida, o cultivo de arroz sob irrigação por aspersão pode ser considerado um sistema mais econômico, comparado ao sistema inundado.

Devido às frequentes estiagens na época de cultivo de arroz no Rio Grande do Sul, especialmente nas regiões da Campanha e Fronteira-Oeste, a busca por métodos de irrigação com maior economia de água torna-se imprescindível para o sucesso da orizicultura. Neste sentido, a irrigação por aspersão pode ser muito promissora, por ser um sistema mais eficiente, consumindo menos água quando comparado ao sistema de irrigação por inundação.

Contudo, sabe-se que cultivares de arroz de terras baixas, quando submetidas à irrigação por aspersão podem sofrer modificações em seu desenvolvimento, o que pode afetar a produtividade e qualidade fisiológica das sementes (CRUSCIOL et al., 2001).

Sabe-se que a disponibilidade hídrica é um dos fatores mais importantes na formação de sementes (GOODING et al., 2003), considerando que a água está envolvida em todos os processos metabólicos da planta. Entretanto, pouco se sabe sobre o efeito dos diferentes regimes hídricos no desenvolvimento de sementes de arroz de cultivares de terras baixas.

Durante a formação das sementes, situações de estresses, como a baixa disponibilidade de água, podem afetar o processo, resultando em sementes com anormalidades em sua estrutura que podem reduzir o potencial germinativo. Estas anormalidades não são perceptíveis ao olho humano, mas podem ser identificadas com o uso de técnicas de análise de imagens, como o teste de raios X. Este teste possibilita a obtenção de informações sobre a ocorrência de sementes mal formadas e vazias e também permite a visualização da posição e extensão das danificações que ocorrem no eixo embrionário das sementes (CICERO et al., 1998; CARVALHO et al., 1999), os quais podem interferir na viabilidade das mesmas.

O estudo da relação entre a morfologia interna de sementes, utilizando raios X, e a germinação tem sido realizado com sucesso para várias espécies, como arroz (MENEZES et

al., 2012;), milho doce (GOMES JUNIOR e CICERO, 2012), mamona (KOBORI et al., 2012), entre outras.

Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi identificar, por meio de análise de imagens de raios X, se existem diferenças morfológicas internas em sementes de arroz produzidas em diferentes regimes hídricos e verificar a relação entre a morfologia interna das sementes e a germinação.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado em duas etapas. A primeira ocorreu na Universidade Federal do Pampa, Campus de Itaqui, Rio Grande do Sul, na qual foram produzidas as sementes de arroz utilizadas na pesquisa. Para tanto, sementes de arroz das cultivares IRGA 417 (ciclo precoce), IRGA 424 (ciclo médio) e INOV CL (ciclo precoce) foram produzidas no município de Itaqui (Latitude 29°09'S; Longitude 56°33'W; altitude de 74 m e clima subtropical com verão úmido (Cfa) segundo a classificação de Köppen (PEEL et al., 2007) sob dois sistemas de irrigação: inundado e por aspersão. A necessidade de irrigação foi estimada por meio da equação de Thorthwaite adaptado por MEDEIROS (2005), a partir de dados obtidos na estação meteorológica automática situada a 100 m do local de cultivo. Os tratamentos utilizados constituíram-se em sistema de irrigação por aspersão, com quatro lâminas de irrigação (50%, 100%, 150% e 200% de evapotranspiração da cultura) e sistema de irrigação por inundação. Apenas para a cultivar IRGA 417 não foram produzidas sementes no sistema por inundação.

A semeadura foi realizada em 19 linhas espaçadas em 0,17 m com três metros de comprimento, totalizando área de 9,69 m² por parcela. O solo da área cultivada é do tipo Plintossolo Háplico (EMBRAPA, 2006), cujos resultados da análise química (0 a 0,2 m) foram: pH em água 5,2; MO 16 g kg⁻¹, 3,6 mg dm⁻³ de P, 27 mg dm⁻³ de K⁺, 3,1 cmol dm⁻³ de Ca⁺⁺ e 1,2 cmol dm⁻³ de Mg⁺⁺, a qual foi realizada segundo metodologia proposta por TEDESCO et al., (1995).

A densidade de semeadura foi de 100 kg ha⁻¹ para as cultivares IRGA 417 e IRGA 424 e 50 kg ha⁻¹ para o híbrido INOV CL, conforme as recomendações técnicas para pesquisa da Sociedade Sul Brasileira de Arroz Irrigado (SOSBAI, 2010). A adubação utilizada foi de acordo com a recomendação para a cultura de arroz segundo a Comissão de Química e Fertilidade do Solo para os solos do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (CFS, 2004). O controle de plantas daninhas, pragas e doenças foram realizados sempre que necessário. A colheita das sementes foi realizada de forma manual quando as mesmas apresentavam em média 23% de grau de umidade, procedendo-se a secagem em estufa de circulação forçada a 40°C até o grau de umidade das sementes atingir em média 13% e após estas foram armazenadas em sacos de papel em ambiente não controlado, nas condições do município de Itaqui, Rio Grande do Sul.

A segunda etapa da pesquisa foi realizada na Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” da Universidade de São Paulo, no município de Piracicaba, São Paulo. Após 12 meses de armazenamento, as sementes, com 13% de umidade em base seca, foram submetidas ao teste de raios X, no Laboratório de Análise de Imagens do Departamento de Produção Vegetal da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” da Universidade de São Paulo, no município de Piracicaba, São Paulo, conforme descrição a seguir.

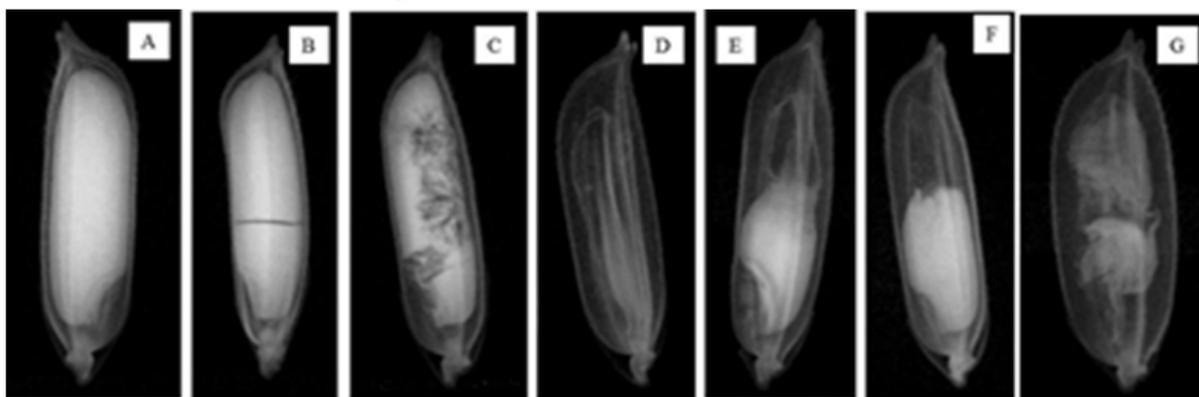
Teste de raios X: foram utilizadas dez repetições de 20 sementes por tratamento, colocadas sobre uma fita adesiva dupla face transparente em lâmina plástica transparente; as

sementes foram numeradas de acordo com a posição ocupada na lâmina, de maneira que pudessem ser identificadas em determinações posteriormente. A lâmina plástica, contendo as sementes, foi colocada no interior do equipamento digital de raios X, marca Faxitron®, modelo MX-20 DC-12, que possui uma área ativa para captação de imagens de 10 x 15 cm, com dimensões externas de 43 cm x 47 cm x 74 cm e internas de 35,5 cm x 38 cm x 48 cm e possui como resolução espacial 48 µm, com ponto focal menor que 20 µm e magnitude geométrica de 5x, distanciadas 11,4 cm da fonte de radiação. O equipamento de raios X estava acoplado a um computador Core 2 Duo (3.16 GHz, 2 GB de memória RAM, Hard Disk de 160 GB) e monitor MultiSync (LCD1990SX de 17 polegadas). As sementes foram submetidas à radiação por 20 segundos à 20 kV em uma única etapa. Em seguida, as imagens geradas foram salvas no disco rígido do computador para posterior análise. As sementes foram retiradas da lâmina transparente e transferidas para bandeja acrílica com células individuais, numerando-as na mesma ordem em que estavam nas imagens de raios X. Após esse procedimento, foram conduzidas ao teste de germinação.

Teste de germinação: as sementes radiografadas, previamente numeradas (dez repetições de 20 sementes por tratamento), foram distribuídas sobre duas folhas de papel toalha umedecidas com água destilada na proporção equivalente a 2,5 vezes a massa do papel e cobertas com mais uma folha do referido papel. Após a confecção dos rolos, estes foram levados ao germinador a 25 °C (REGRAS PARA ANÁLISE DE SEMENTES, 2009) e a avaliação foi realizada 5 dias após a sementeira. As plântulas normais, anormais e as sementes mortas foram retiradas do substrato e fotografadas com auxílio de uma câmera fotográfica digital. As imagens foram salvas no disco rígido do computador para posterior análise.

As imagens de raios X foram analisadas de forma visual e classificadas com notas de 0 a 2 de acordo com critérios estabelecidos por CICERO et al. (1998) para sementes de milho, os quais foram adaptados para sementes de arroz, considerando: 0, sementes sem alterações visíveis na morfologia interna; 1, sementes com pequenas alterações na morfologia interna (malformação, manchas escuras indicando deterioração de tecidos e fissuras no endosperma que não prejudiquem a translocação de substâncias de reserva para o eixo embrionário) e 2, sementes com grandes alterações na morfologia interna (malformação, manchas escuras indicando deterioração de tecidos e fissuras na maior parte do endosperma ou no embrião). Exemplos das situações descritas podem ser observados na Figura 1.

Figura 1. Imagens radiográficas de sementes de arroz com estrutura normal (A), classificada na categoria 0; com dano mecânico localizado transversalmente na porção intermediária do endosperma (B), classificada na categoria 1; com manchas escuras indicando deterioração de tecidos (C) e com malformação (D, E, F e G), classificadas na categoria 2.



As imagens radiográficas, classificadas segundo os critérios descritos anteriormente, foram confrontadas com as imagens das plântulas (normais ou anormais) e sementes não germinadas provenientes do teste de germinação, para que se pudesse estabelecer a relação entre a morfologia interna de cada semente com a germinação.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O teste de raios X permitiu a visualização da estrutura interna das sementes de arroz, possibilitando identificar alterações e danos que podem influenciar negativamente na germinação das sementes, como pode ser constatado na Figura 2; é possível observar na Figura 2A a semente bem desenvolvida, sem problemas em sua estrutura, ao passo que nas Figura 2B e 2C observam-se fissuras nas sementes, as quais podem afetar o potencial fisiológico destas, pois podem interferir na translocação de substâncias de reserva para o eixo embrionário durante o processo de germinação.

Figura 2. Imagens radiográficas de sementes de arroz, cultivar IRGA 417, com estrutura normal (A), com danos mecânicos localizados transversalmente na porção intermediária do endosperma (B e C), com mancha escura na porção intermediária do endosperma (D), indicando deterioração de tecidos e malformada (E).



Na Figura 2D é possível visualizar uma mancha escura, indicando deterioração de tecidos, na porção intermediária do endosperma, que provavelmente prejudicará a capacidade germinativa desta semente, pois a mesma conta com menor volume de substâncias de reserva e dificultará a translocação de substâncias de reservas localizadas no terço superior do endosperma, as quais são essenciais para o fornecimento de energia para a germinação das sementes (NONOGAKI et al., 2010). Na Figura 2E observa-se má formação da semente, que poderá influenciar negativamente em sua capacidade germinativa.

De acordo com os resultados da análise de imagens, foi possível atribuir notas e separar as sementes de acordo com os critérios estabelecidos na metodologia, possibilitando a classificação das sementes de acordo com sua morfologia (Tabela 1).

Tabela 1. Percentual de sementes (S) em cada categoria de morfologia (C) e percentual de germinação das sementes (G), para os cultivares de arroz IRGA 417, IRGA 424 e INOV CL produzidas em diferentes regimes hídricos.

Tratamentos*	IRGA 417			IRGA 424			INOV CL	
	C	S	G	S	C	G	S	G
						(%)		
1	0	74	84	66		89	51	78
	1	15	53	12		92	30	77
	2	11	64	22		27	19	47
2	0	88	76	68		88	76	82
	1	3	75	11		36	7	71
	2	9	56	21		19	17	71
3	0	96	88	84		81	99	87
	1	3	75	1		100	0	0
	2	1	0	15		13	1	0
4	0	98	68	97		78	100	65
	1	2	0	0		0	0	0
	2	0	0	3		34	0	0
5	-	-	-	94		82	89	81
	-	-	-	6		67	9	44
	-	-	-	0		0	2	0

*Tratamentos 1 a 4 representam as lâminas de água utilizadas, correspondentes a 50, 100, 150 e 200% de evapotranspiração da cultura e o tratamento 5 representa o sistema por inundação. – Não determinado.

Para o cultivar IRGA 417 é possível observar que o maior percentual de sementes com danos ocorreu para as sementes produzidas nos tratamentos 1 e 2, ou seja, aqueles que receberam a menor disponibilidade de água para as plantas. Nota-se também que, para este cultivar o tratamento 1 foi o que mais prejudicou a formação das sementes, no qual houve 26% de sementes com alterações ou danos identificados pela análise de raios X (somatório dos percentuais de sementes nas categorias 1 e 2).

Para os demais cultivares ocorreram resultados semelhantes ao exposto acima, sendo que para o IRGA 424 os danos chegaram a 34 e 32% nos tratamentos 1 e 2, respectivamente, ao passo que sementes produzidas nos tratamentos 4 e 5 tiveram somente 3 e 6% de alterações ou danos, respectivamente.

Para o cultivar INOV CL o efeito da disponibilidade de água na formação das sementes foi ainda mais expressivo, sendo que no tratamento 1 houve 49% das sementes com algum tipo de alteração ou dano, já nos tratamentos 3 e 4 somente 1% e 0% das sementes apresentaram alterações ou danos, respectivamente. Contudo, observa-se que as sementes produzidas no tratamento 5, no sistema inundado, apresentaram 11% de alterações ou danos. Sabe-se que o potencial fisiológico de sementes é variável entre lotes de sementes, entre

sementes de um mesmo lote e até mesmo entre partes de uma mesma semente, devido à diferenças na velocidade de deterioração, em função da composição química das reservas armazenadas nas sementes, o que pode estar relacionado ao resultado verificado no tratamento 5. A partir destes resultados, sugere-se que posteriormente novas pesquisas sejam desenvolvidas para avaliar a composição química das sementes em função da disponibilidade hídrica e relacionar estes resultados com a morfologia e a qualidade das sementes.

Em relação ao efeito da disponibilidade de água na formação das sementes, CRUSCIOL et al. (2001) verificaram, que a menor disponibilidade hídrica reduz a produtividade e a qualidade de sementes de arroz, sendo que estes autores relatam maior produtividade de sementes com o uso de lâmina de irrigação que representava os valores de Kc recomendados para a cultura de sequeiro, além disto, verificaram que o excesso de água prejudicou a qualidade fisiológica das sementes. Para CARVALHO & NAKAGAWA (2012) a disponibilidade hídrica é de suma importância para a qualidade de sementes, durante e mesmo antes da sua formação, uma vez que prejuízos causados ao desenvolvimento e ao florescimento da planta, podem exercer reflexos no vigor e na viabilidade das sementes.

A relação entre as alterações e danos ocorridos na estrutura das sementes e a germinação ocorreu de forma diferenciada para cada tratamento e cultivar (Tabela 1). Para o cultivar IRGA 417, observa-se menor percentual de germinação das sementes que possuíam alterações e danos, categorias 1 e 2, comparado aquelas sem alterações e danos (categoria 0), sendo que, as alterações e danos classificados como severos (categoria 2) foram responsáveis pela redução de 20% na germinação das sementes produzidas nos tratamentos 1 e 2, aqueles com menor disponibilidade hídrica.

Para o cultivar IRGA 424 houve comportamento similar ao do cultivar IRGA 417, porém, a redução da germinação foi mais expressiva, sendo que nos tratamentos 1, 2 e 3 as sementes com alterações e danos severos tiveram germinação de somente 27, 19 e 13%, respectivamente, uma diminuição significativa no potencial fisiológico das sementes, pois aquelas que não apresentaram alterações e danos (categoria 0) tiveram pelo menos 80% de germinação.

Para o cultivar INOV CL as alterações e danos severos (categoria 2) ocorridos nas sementes produzidas no tratamento 1 provocaram redução expressiva na germinação de sementes, com uma diminuição de 30% no percentual de germinação comparado as sementes sem alterações e danos (categoria 0). Entretanto, no tratamento 2 tanto os danos severos quanto as pequenas alterações na morfologia da semente causaram interferência negativa na germinação; no tratamento 3 somente 1% das sementes apresentaram danos, sendo estes do tipo severo, os quais afetaram drasticamente as sementes, não ocorrendo germinação destas; no tratamento 4, aquele com maior disponibilidade de água no sistema de aspersão, não ocorreram sementes com danos, revelando portanto claramente o papel da água no processo de formação de sementes; no tratamento 5 houve pequeno percentual de sementes com danos, contudo, estas apresentaram baixa capacidade germinativa.

A relação entre a morfologia interna de sementes e a germinação pode ser visualizada pelo exemplo da Figura 3. A semente íntegra (Figura 3A) originou uma plântula normal (Figura 3B), ao passo que sementes com alterações ou danos severos (Figuras 3C e 3E) resultaram, respectivamente, em semente morta (Figura 3D) e plântula anormal (Figura 3F). De maneira similar, sementes com danos severos (fissura transversal localizada no terço inferior do endosperma, restringindo a translocação de substâncias de reserva para o eixo embrionário) (Figura 3G), resultaram na formação de plântulas anormais (Figura 3H). Resultados semelhantes são descritos por MENEZES et al. (2012), os quais verificaram que, em muitos casos, sementes de arroz com fissuras transversais que estejam restringindo a

translocação de substâncias de reserva para o eixo embrionário resultam em plântulas anormais ou em sementes não germinadas. Resultados semelhantes também foram verificados para sementes de milho (CICERO & BANZATTO JUNIOR, 2003) e milho doce (GOMES JUNIOR & CICERO, 2012).

Figura 3. Imagens radiográficas de sementes de arroz, cultivar IRGA 417, produzidas sob irrigação por aspersão, com lâmina de água equivalente a 100% da evapotranspiração da cultura e suas respectivas plântulas (normais ou anormais) ou sementes não germinadas: estrutura normal (A) e plântula normal (B); mancha escura na porção intermediária do endosperma, indicando deterioração de tecidos (C) e semente não germinada (D); malformação do endosperma (E) e plântula anormal (F); dano mecânico localizado na porção intermediária do endosperma (G) e plântula anormal (H).



Considerando o exposto, observou-se a eficiência da técnica de raios X na identificação de alterações e danos na morfologia interna de sementes de arroz produzidas sob diferentes regimes hídricos. Diante destes resultados, é possível inferir a importância desta técnica, constituindo-se em mais uma alternativa para a análise de sementes, que pode ser

futuramente incorporada em sistemas de controle de qualidade de sementes nas empresas produtoras. Fica claro também a importância do manejo hídrico adequado na produção de sementes de arroz, considerando-se que a menor disponibilidade de água pode afetar negativamente o potencial fisiológico das sementes produzidas.

6 CONCLUSÕES

A análise de imagens de raios X permite a identificação de alterações e danos internos em sementes de arroz produzidas em diferentes regimes hídricos, com efeitos negativos no potencial fisiológico das sementes produzidas sob regime de menor disponibilidade hídrica.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CARVALHO, M. L. M.; VAN AELST, A. C.; VAN ECK, J. W.; HOEKSTRA, F. A. Pre harvest stress cracks in maize (*Zea mays* L.) kernels as characterized by visual, X-ray and low temperature scanning electron microscopical analysis: effect on kernel quality. **Seed Science Research**, Wallingford, v. 9, n.3, p.227-236, 1999.
- CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: Ciência e Tecnologia de Produção**. Jaboticabal: FUNEP, 2012. 590p.
- CICERO, S. M.; VAN DER HEIJDEN, G. W. A. M., VAN DER BURG W. J., BINO, R. J. Evaluation of mechanical damages in seeds of maize (*Zea mays* L). by X ray and digital imaging. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 26, n.3, p. 603-612, 1998.
- CICERO, S. M.; BANZATTO JUNIOR, H. L. Avaliação do relacionamento entre danos mecânicos e vigor, em sementes de milho, por meio da análise de imagens. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v. 25, n.1, p. 29-36, 2003.
- COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO – RS/SC. **Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. Porto Alegre, SBCS, 2004. 400p.
- CRUSCIOL, C. A. C.; ARF, O.; ZUCARELI, C.; SÁ, M. E.; NAKAGAWA, J. Produção e qualidade fisiológica de sementes de arroz de terras altas em função da disponibilidade hídrica. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v.23, n.2, p. 287-293, 2001.
- EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisas de Solos. Embrapa Solos, 2006. 306p.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa Arroz e Feijão. **Sistemas de Produção**. Pelotas, 2005. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Arroz/ArrozIrrigadoTocantins/index.html>. Acesso em 05 de janeiro de 2013.
- GOMES JUNIOR, F. G.; CICERO, S. M. X-Ray analysis to assess mechanical damage in sweet corn seeds. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 34, n.1, p. 078 – 085, 2012.

- GOODING, M. J.; ELLIST, H. R.; SHEWRYS, P. R.; SCHOFIELD, J. D. Effects of restricted water availability and increased temperature on the grain filling, drying and quality of Winter Wheat. **Journal of Cereal Science**, London, v. 37, n. 3, p. 295-309, 2003.
- KOBORI, N. N.; CICERO, S. M.; MEDINA, P. F. Teste de raios X na avaliação da qualidade de sementes de mamona. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 34, n.1, p. 125 – 133, 2012.
- MEDEIROS, A.T. **Estimativa da evapotranspiração de referência a partir da equação de Penmann-Montheth, de medidas lisimétricas e de equações empíricas em Paraipaba, CE.** 2002. 103f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura ‘Luiz de Queiroz’, Piracicaba, 2002.
- MENEZES, N. L.; CICERO, S. M.; VILLELA, F. A.; BORTOLOTTI, R. P. Using X rays to evaluate fissures in rice seeds dried artificially. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.34, n.1, p. 70- 77, 2012.
- NONOGAKI, H.; BASSEL, G. W.; BEWLEY, J. D. Germination—Still a mystery. **Plant Science**, Limerick, v. 179, n.6, p. 574–581, 2010.
- PEEL, M. C.; FINLAYSON, B. L.; McMAHON, T. A. Updated world map of the Koppen-Geiger climate classification. **Hydrology Earth System Science**, Munich, v.11, p.1633–1644, 2007.
- REGRAS PARA ANÁLISE DE SEMENTES. Brasília: BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2009, 399p.
- SOSBAI. SOCIEDADE SUL BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO. **Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil / 28.** Reunião Técnica da Cultura do Arroz Irrigado, 11 a 13 de agosto de 2010, Bento Gonçalves, RS. Boletim Técnico. Porto Alegre: SOSBAI, 2010. 188 p.
- TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. **Análises de solo, plantas e outros materiais.** 2. ed. Porto Alegre: Departamento de Solos, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174 p. (Boletim técnico, 5).

