

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

DORMÊNCIA EM SEMENTES DE ARROZ: CAUSAS E MÉTODOS DE SUPERAÇÃO

NILSON LEMOS DE MENEZES¹, SIMONE MEDIANEIRA FRANZIN² E RAFAEL PIVOTTO BORTOLOTTI³

¹ Eng^o. Agr^o. Dr. Prof. Associado do Depto. Fitotecnia. CCR, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria – RS. CEP: 97105-280. E-mail: nlmenezes@smail.ufsm.br.

² Bióloga, Dr^a. em Agronomia. Depto. Fitotecnia. CCR, Universidade Federal de Santa Maria. E-mail: smfranzin@yahoo.com.br

³ Eng^o Agr^o, Mestre em Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria. E-mail: rbortolotto@yahoo.com.br

RESUMO: A dormência em sementes de arroz está relacionada a vários fatores intrínsecos à própria semente, podendo envolver características genéticas e hormonais, além da dificuldade de difusão de gases e presença de compostos inibidores. Contudo, a falta de consenso sobre as causas e, conseqüentemente, sobre a sua superação tem gerado inúmeros trabalhos investigativos. O objetivo desta revisão foi abordar as principais causas da dormência em sementes de arroz e alguns métodos utilizados para sua superação, bem como caracterizar o método de exposição das sementes às ondas de ultra-som, como forma alternativa de superação da dormência em sementes de arroz.

Termos para indexação: *Oryza sativa* L., compostos inibidores, ultra-som.

DORMANCY IN RICE SEEDS: CAUSES AND BREAK METHODS

ABSTRACT: The dormancy of rice seeds is related to several intrinsic factors of the seed itself and may involve genetic and hormonal characteristics, besides difficulties in gas diffusion and presence of inhibitors. However, the disagreement about causes and, consequently, its break has encouraged numerous studies. The aim of this review was to report the main causes of dormancy in rice seeds and some methods used to its break, as well as to characterize the method of seed exposure to ultrasonic waves as an alternative of breaking dormancy in rice seeds.

Index terms: *Oryza sativa* L., inhibitors, ultrasonic waves.

INTRODUÇÃO

A cultura do arroz tem grande importância econômica e social no Brasil, em especial nos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, onde são obtidas as maiores produções de arroz irrigado do país, sendo utilizados diferentes sistemas de cultivo e técnicas de manejo para que se obtenham maiores rendimentos. Portanto, torna-se necessário, entre outros fatores, a utilização de sementes de boa qualidade, identificada através de testes realizados rotineiramente nos laboratórios de análises de sementes.

A unidade utilizada como semente é verdadeiramente uma cariopse (fruto) envolta por duas brácteas, a lema e a pálea. A coloração da cariopse varia do branco ao preto, sendo que a

variação observada deve-se a presença de pigmentos antociânicos localizados no pericarpo (Nedel et al., 2004).

A semente madura de arroz logo após a colheita pode não germinar, devido a causas intrínsecas, fato que dificulta a identificação de seu potencial fisiológico e impede a semeadura.

DORMÊNCIA EM SEMENTES DE ARROZ

As sementes de arroz podem apresentar suspensão temporária da germinação, mesmo hidratada e sob condições favoráveis de temperatura e nessa situação a semente é chamada de dormente (Bewley & Black, 1994a). Em geral, as cultivares pertencentes à subespécie índica apresentam maior dormência do que aquelas pertencentes à subespécie japônica (Roberts, 1963). Por outro lado, as espécies selvagens e as espécies cultivadas de arroz africano, *Oryza glaberrima*, apresentam dormência mais forte do que as índicas (Tang & Chiang, 1955; Misro & Misra, 1969). A dormência das sementes pode ser induzida durante seu desenvolvimento, sendo afetada pela luz, temperatura, umidade e pelas condições nutricionais da planta (Takahoshi, 1995).

A dormência possui importante significado ecológico, pois distribui a germinação no tempo, através da variação da intensidade do fenômeno entre sementes de uma mesma planta. Em sementes de arroz vermelho, que é uma espécie daninha de arroz, a dormência associada à persistência das sementes no solo, dispersa a contaminação no tempo (Agostinetto et al., 2001). No solo as sementes de arroz vermelho podem permanecer viáveis por até 12 anos (Smith Junior, 1992).

O período de dormência das sementes de arroz comum é variável entre cultivares, porém as condições de armazenamento, principalmente com a elevação da temperatura, segundo Bewley & Black (1994b), podem reduzi-lo, facilitando significativamente a germinação das sementes. A dormência permite que ocorra a germinação em determinados períodos do ano, refletindo a sensibilidade da semente aos fatores do ambiente, sendo uma característica evolutiva, favorável em especial a plantas daninhas (Delatorre, 1999).

Com base nos mecanismos ou estruturas da semente envolvidas, a dormência pode ser classificada como: endógena e exógena (Cardoso, 2004). A dormência endógena é causada por algum bloqueio da germinação relacionada ao próprio embrião ou tecidos, quando envolve processos metabólicos é conhecida como dormência fisiológica e, dormência morfológica quando está relacionada às sementes com embrião não completamente desenvolvido. A dormência exógena, entretanto, é causada por tecidos da semente (extra-embriônico), como o tegumento ou partes do fruto, podendo ser associada a fatores físicos, mecânicos ou químicos.

Em arroz, a dormência é entendida como uma resistência à germinação pré e pós-colheita (Foley & Fennimore, 1998), estando relacionada aos níveis de maturação das sementes, devido à sua exposição a um conjunto de condições ambientais estabelecidas entre a fase de maturação e colheita. Assim, pode ocorrer ampla variação entre cultivares, lotes e safra agrícola, alcançando, em alguns casos, 11 semanas após a colheita ou até 120 dias após o início do

armazenamento (Amaral & Gonzalo, 1977; Franco et al., 1997; Guimarães et al., 2000). Esse fenômeno, no entanto, ainda permite discussão e inúmeras pesquisas têm sido realizadas, a fim de definir as possíveis causas para a instalação da dormência nas sementes, bem como formas para sua superação.

Estudos ligados à dormência em sementes de arroz indicam que ocorre associação entre bases genéticas e os fatores ambientais, a qual seria controlada, portanto, por diversos genes de origem materna e nuclear, sendo considerada uma característica quantitativa (Foley & Fennimore, 1998). Dessa forma, sua expressão fenotípica depende da interação de vários fatores, inclusive de genes promotores e/ou inibidores, fatores ambientais, condições endógenas e exógenas, na qual é pouco conhecida a herdabilidade da dormência em sementes de arroz. A ocorrência de dormência nos estádios finais de amadurecimento é vantajosa para a planta, pois representa uma barreira à germinação da semente madura ou quase madura, quando ainda se encontra na planta mãe (Bryant, 1989).

A manutenção da dormência das sementes depende muito das condições pós-colheita às quais são submetidas (Delatorre, 1999). Segundo Li & Foley (1996), as condições pós-colheita podem facilitar a degradação de polipeptídeos associados à dormência, ou induzir, ou ativar proteínas requeridas para rápida degradação de RNAs associados à dormência. Takahashi (1984) relatou que as sementes de arroz exibiram forte dormência quando as condições de umidade relativa e temperatura foram altas durante o período de maturação, concluindo que esse comportamento parece ser adaptativo para impedir a germinação sob condições desfavoráveis.

CAUSAS DA DORMÊNCIA EM ARROZ

Várias causas são apontadas como responsáveis pela dormência em sementes de arroz. A temperatura e a umidade são fatores que exercem influência na instalação da dormência, pois temperaturas baixas no início da maturação e altas, em torno de 30°C, dez a quinze dias após a floração, induzem a dormência em arroz. A interação das temperaturas elevadas, após a floração, com a presença de inibidores e a restrição de absorção ao O₂, pelo complexo casca-pericarpo, determinam a dormência em arroz (Amaral, 1992). Para Bewley & Black (1994b), nas sementes de arroz, a casca impede a penetração de oxigênio para que se realize o processo germinativo e que, também a casca, consome oxigênio. Em relação à umidade, observa-se que a ocorrência de alta umidade no final da maturação pode interromper a difusão de ar entre os tecidos das sementes (Takahashi, 1984).

A restrição à entrada de O₂ nas sementes, nas fases iniciais do processo de germinação, consiste na principal causa de dormência das sementes, segundo Roberts (1961) e Larinde (1979). Sementes sem dormência podem germinar tanto em condições aeróbicas como anaeróbicas, o que não acontecem com sementes dormentes, que necessitam obrigatoriamente de oxigênio para germinar (Franco et al., 1997). Para Peske et al. (1997), à medida que a dormência vai

desaparecendo, durante o armazenamento, o consumo de oxigênio pela casca diminui; levando a crer de que a casca imponha a dormência, impossibilitando o embrião de absorver oxigênio.

Nas sementes de arroz, a dormência, também, pode ser atribuída à presença de compostos fenólicos, inibidores da germinação, localizados no endosperma, embrião e casca, com maior concentração no embrião, que reduzem a disponibilidade do oxigênio para o mesmo (Amaral, 1992). A presença de determinados produtos químicos inibidores, entre eles moléculas orgânicas relativamente simples e de baixo peso molecular, como aldeídos, ácidos fenólicos, alcalóides e ácidos orgânicos pode ser detectada na cobertura das sementes (Ketring, 1973; Vieira et al., 2000). Dentre estes, destacam-se os compostos fenólicos, além da presença de agentes oxidantes que promovem oxidação, com o decréscimo na concentração de O_2 . Nesse sentido, a associação dos compostos fenólicos com a alta atividade respiratória nos tecidos de cobertura da semente limita a disponibilidade de O_2 para o embrião.

Supõe-se ainda, que em sementes recém-colhidas, a entrada de água nos tecidos dificulte a absorção de oxigênio e que o armazenamento da semente seca por um determinado período, promove a difusão do O_2 para o interior, determinando a redução na quantidade de inibidores da germinação e favorecendo a superação a dormência (Olatoye & Hall, 1972). Neste caso, a remoção da casca das sementes facilita a superação da dormência, pois parece que a influência da casca na determinação da dormência é mais forte e prolongada do que a do pericarpo (Seshu & Dadlani, 1991).

A atividade enzimática está, também, relacionada à dormência de sementes. Destaca-se a atividade da peroxidase, presente na casca e pericarpo das sementes, a qual caracteriza cultivares dormentes, agindo como catalisador nas reações de oxidação, auxiliando os compostos fenólicos que competem pelo O_2 e retardam ou inibem o processo de germinação. Para Bewley & Black (1994b), a enzima peroxidase presente na casca toma parte no complexo consumo de oxigênio, sendo que a alta atividade da enzima peroxidase caracteriza as cultivares dormentes (Vieira, 1991). Além da peroxidase, as enzimas α e β -amilase, envolvidas no sistema de degradação do amido no endosperma, têm influência no metabolismo das sementes, pois sua síntese na camada de aleurona depende da ação do ácido giberélico, sugerindo uma associação entre a atividade enzimática e as giberelinas (Taiz & Zeiger, 2004). Isso indica que ocorre aumento na atividade da α -amilase em sementes que perdem a dormência naturalmente em condições de armazenamento.

Considera-se, ainda que a dormência das sementes de arroz pode também ser determinada pelo desequilíbrio entre os hormônios reguladores de crescimento, atuando direta ou indiretamente no metabolismo dos carboidratos, proteínas e outras reservas das sementes. Desta forma, existe um complexo balanço entre as concentrações de inibidores e de estimuladores responsáveis pela dormência, associada à sensibilidade das células em receber estímulos de

inibidores e promotores (Vieira et al., 2002a), uma vez que reguladores como citocininas, auxinas e giberelinas podem induzir a germinação (Ketring, 1973; Miyoshi & Sato, 1997).

A dormência em sementes de arroz, segundo Seshu & Dadlani (1991), é regulada pela presença de SCSFAs (Short - Chain Saturated Fatty Acid) e ácido abscísico (ABA) na casca e no pericarpo. O ácido abscísico (ABA), segundo Cardoso (2004), é o principal agente envolvido no estabelecimento da dormência durante a maturação das sementes. No entanto, os ácidos graxos saturados de cadeia curta, principalmente o ácido nanóico, são capazes de determinar a dormência (Majumder et al., 1989). O ABA atua tanto promovendo a síntese de proteínas inibidoras da germinação como inibindo a síntese de enzimas envolvidas na mobilização de reservas. Por outro lado, as giberelinas, entre elas o GA_3 , promovem a síntese de enzimas envolvidas no enfraquecimento dos tegumentos e/ou hidrólise de reservas, eventos relacionados à protrusão da raiz primária. Assim, elas atuam como substâncias promotoras da germinação, enquanto a citocinina age basicamente no bloqueio do inibidor, reduzindo-o ou anulando-o (Khan, 1971).

MÉTODOS DE SUPERAÇÃO DA DORMÊNCIA

A dormência em sementes de arroz não constitui, entretanto, problema imediato aos agricultores, visto que a época de colheita do arroz no Estado do Rio Grande do Sul não coincide com a época de semeadura, sendo necessário o armazenamento das sementes e que devido à temperatura e a umidade relativa do ar favoráveis, mantém a qualidade fisiológica além de contribuir para superação gradativa da dormência (Jennings & Jesus Junior, 1964). No entanto, a intensidade da dormência das sementes de um lote de arroz interfere, diretamente, na eficiência dos tratamentos utilizados para sua superação (Dias & Shioga, 1997).

A superação da dormência das sementes de arroz é influenciada pelas condições de armazenamento, independentemente da embalagem utilizada (Vieira et al., 2002b). As condições de armazenamento agem direta e lentamente na superação da dormência das sementes de arroz recém-colhidas (Olatoye & Hall, 1973; Vieira et al., 2002b), volatilizando os compostos fenólicos e outros inibidores da germinação, presentes no endosperma, embrião, pericarpo e casca (pálea e lema), que reduzem a disponibilidade de O_2 para o embrião (Amaral, 1992). No entanto, se as sementes forem armazenadas a 7°C, a dormência pode persistir por mais de um ano (Delouche, 1960). Temperaturas decrescentes no solo tendem a superar a dormência das sementes de arroz vermelho contidas no banco de sementes, enquanto o aumento da temperatura ambiental tende a provocar dormência secundária dessas sementes (Peske et al., 1997). Para alguns autores, a elevação da temperatura durante o período de armazenagem das sementes contribui para superar a dormência (Jennings & Jesus Junior, 1964; Roberts, 1965).

Segundo Cohn & Hughes (1981), a manutenção de sementes de arroz vermelho com 11 a 12% de umidade a 30°C reduziu a dormência para quatro semanas, a 20°C para seis semanas, enquanto a 5°C a dormência manteve-se até onze meses de idade pós-colheita, e a -15°C não foi

observado superação da dormência das sementes de arroz vermelho mesmo após um ano. Mas não apenas a temperatura influencia na dormência, sendo que a umidade tem atuação concomitante. Sementes de arroz vermelho com umidade superior a 25% ou inferior a 5% mantêm-se dormentes (Cohn et al., 1984), enquanto entre 6 e 14% de umidade ocorrem os maiores efeitos do período pós-colheita sobre a superação da dormência (Leopold et al., 1988).

A dormência em arroz, no entanto, pode ser considerada problemática em relação à análise laboratorial da sua qualidade, realizada logo após a colheita, fundamental na tomada de decisões para o uso adequado do lote de sementes. As Regras para Análise de Sementes (RAS) (Brasil, 2009), indicam para superação da dormência os seguintes tratamentos: pré-secagem a 40°C - 50°C, por 96 horas, em estufa com circulação de ar; imersão das sementes em água a 40°C por 24 horas ou, preferencialmente imersão das sementes em solução de Hipoclorito de Sódio a 0,5% por 16 - 24 horas, lavando-as e semeando imediatamente; ou ainda pré-aquecer as sementes a 50°C e depois colocá-las em água ou em solução de Nitrato de Potássio (KNO_3), por 24 horas.

Tratamentos baseados em calor, como a pré-secagem em sementes dormentes de arroz, promovem a oxidação dos compostos presentes principalmente na casca, que competem pelo O_2 com o embrião (Seshu & Dadlani, 1991). Além disso, favorecem a redução da atividade da peroxidase que catalisa essas reações dos compostos inibidores com o oxigênio (Vieira et al., 1994).

O ácido nanóico que reduz significativamente a atividade das amilases, por conseqüência a germinação, pode ser evaporado pelo tratamento com calor ou destruído por ação de agentes oxidantes como KNO_3 ou H_2O_2 (Seshu & Dadlani, 1991).

Além das RAS, vários autores têm recomendado o uso de temperaturas elevadas para superação da dormência, tendo sido indicada a pré-secagem a 40-50°C por 7 a 10 dias, por Liberal et al. (1970). Porém, Amaral & Gonzalo (1977) sugeriram 49°C por 96 horas, no entanto Vieira et al. (1994) recomendou a condição de 40°C por 168 horas para superar a dormência das cultivares de arroz irrigado Inca e MG 1, embora para a primeira, as temperaturas de 50°C e 60°C foram capazes de superar a dormência em menor tempo. Para Franco et al. (1997), a pré-secagem pode ser aplicada sob as condições de 40°C por 5 dias, no entanto, para Menezes et al. (1997) a pré-secagem a 42°C por cinco dias, em estufa sem circulação de ar forçado, é capaz de superar a dormência em sementes de arroz irrigado. Para Guimarães et al. (2000), o tratamento de pré-secagem deve ser realizado com a temperatura de 50°C por 3 a 7 dias. Além destes, Franzin et al. (2004) observaram que a utilização da pré-secagem a 60°C por 72 horas supera a dormência, permitindo a germinação das sementes de arroz, o que não ocorre em temperaturas de 70 e 80°C, onde as sementes são afetadas negativamente pela alta temperatura.

O tratamento de pré-secagem para superação da dormência de sementes de arroz é um dos mais eficientes para tal finalidade, no entanto, causa fissuras às sementes, podendo desta forma, prejudicar o desempenho das sementes e causar sua inviabilidade (Seshu & Dadlani, 1991). O

tratamento com temperatura de 45 ou 50°C por 96 horas provoca fissuras em 100% das sementes tratadas.

Tem sido recomendada, também, a imersão das sementes em solução de hipoclorito de sódio a 1%, durante 24 horas, que embora não supere totalmente a dormência logo após a colheita, não prejudica a germinação daquelas com baixa intensidade de dormência (Dias & Shioga, 1997)

Inúmeras outras formas de tratamentos para superação da dormência têm sido utilizadas tais como: imersão em ácido giberélico, peróxido de hidrogênio, nitrato de potássio, ácido nananóico, envelhecimento acelerado por cinco dias a 42°C, pré-friagem, temperaturas alternadas. Além destas, outro método também usado é o de descascar as sementes antes de encaminhá-las à germinação, podendo, no entanto, haver danos às sementes com prejuízos às plântulas ou morte das sementes.

RADIAÇÕES ULTRASSÔNICAS COMO MÉTODO ALTERNATIVO NA SUPERAÇÃO DA DORMÊNCIA

A falta de consenso sobre o tratamento ideal na superação da dormência das sementes permite o estudo de tratamentos novos ou alternativos, como a utilização de radiação de ultra-som em sementes de arroz.

A exposição das sementes a radiações ultra sônicas, com variações na temperatura e períodos de exposição das sementes, vem sendo utilizada há algum tempo em estudos realizados principalmente no exterior, com a finalidade de conhecer os efeitos desse tratamento sobre a viabilidade das sementes e sua ação na germinação, desempenho de plântulas, dentre outros. No entanto, os conhecimentos sobre as propriedades de aplicação destas radiações sobre a dormência em sementes são praticamente inexistentes, bem como, sua ação e efeitos diretos sobre a semente.

Os fundamentos dos efeitos da sonicação estão relacionados às ondas de choque, resultantes da aplicação do campo acústico sobre a semente, conhecidas como fenômenos de cavitação acústica. Assim, a principal causa desses efeitos é o ciclo de formação, crescimento e implosão de micro-bolhas, durante a sonicação, onde é liberada grande quantidade de energia, proporcionando aumento da temperatura e pressão local. Dessa forma, as radiações de ultra-som têm a capacidade de gerar componentes muito reativos na solução, além de possuir potencialidade de degradar estruturas poliméricas (Korn, 2003).

Estudos com a utilização de ultra-som em plantas têm sido realizados há bastante tempo, sendo, contudo, dificultada sua utilização pela falta de otimização do método para cada espécie. Assim, em alguns trabalhos observa-se o efeito benéfico das radiações ultrassônicas sobre as sementes e plântulas formadas, outros, no entanto, relatam dificuldades e até a morte das sementes estudadas. Em sementes de arroz, Franzin (2006) observou que as radiações ultrassônicas utilizadas entre 5 a 20 minutos na temperatura de 40°C promovem superação parcial da dormência em sementes de arroz; no entanto, no experimento em questão não houve variações nos resultados em função dos períodos de exposição das sementes e cultivares.

CONCLUSÃO

A dormência em sementes de arroz, por apresentar amplas e complexas interações entre as suas causas, varia entre cultivares, lotes, sementes, de ano para ano, situações que dificultam o estabelecimento de um método único e eficiente para sua superação. Entretanto, a pré-secagem é um método eficiente e as radiações ultrassônicas se constituem em método alternativo e promissor para superar essa dormência.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGOSTINETTO, D.; FLECK, N.G.; RIZZARDI, M.A.; MEROTTO JUNIOR, A.; VIDAL, R.A. Arroz vermelho: ecofisiologia e estratégias de controle. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.31, n.2, p.341-349, 2001.
- AMARAL, A.S. Aspectos da dormência em sementes de arroz. **Lavoura arroeira**, Porto Alegre, v.45, n.405, p. 3-6, 1992.
- AMARAL, A.S.; GONÇALO, J.F.P. Dormência em sementes de arroz. **Lavoura Arroeira**, Porto Alegre. v.30, n.301, p.35-37, 1977.
- BEWLEY J.D.; BLACK, M. **Physiology and biochemistry of seed in relation to germination**. Berlim: Springer Verlag, 1994a. 375p.
- BEWLEY, J.D.; BLACK, M. **Seeds: physiology of development and germination**. 2.ed. New York: Plenum Press, 1994b. 445p.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análises de sementes**. Brasília: MAPA/SDA/ACS, 2009. 399p.
- BRYANT, J.A. **Fisiologia da semente**. São Paulo: EPU, 1989. 86p. (Temas de Biologia, v.31).
- CARDOSO, V.J.M. Dormência: estabelecimento do processo. In: FERREIRA, A.G.; BORGHETTI, F. **Germinação: do básico ao aplicado**. Porto Alegre: Artmed Editora, 2004. 323p.
- COHN, M.A., HUGHES, J.A. Seed dormancy in red rice (*Oryza sativa*). I. Effect of temperature on dry afterripening. **Weed Science**, Champaign, v.29, p.402-404, 1981.
- COHN, M.A.; HUGHES, J.A.; BUTERA, D.L. Dormancy and viability of red rice during maturation and storage. **Plant Physiology**, Rockville, v.75, p.385, 1984.
- DELATORRE, C.A. Dormência em sementes de arroz vermelho. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.29, n.3, p.565-571, 1999.
- DELOUCHE, J.C. **Seed dormancy in gramineae**. Mississippi: [s.n.] 1960. 20p.
- DIAS, M.C.L.L.; SHIOGA, P.S. Tratamentos para superar a dormência em sementes de arroz (*Oryza sativa* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, Campinas, v.19, n.1, p.52-57, 1997.
- FOLEY, M.E.; FENNIMORE, S.A. Genetic basis for seed dormancy. **Seed Science Research**, Wallingford, v.8, p.173-182, 1998.
- FRANCO, F.; PETRINI, J.A.; RODO, A.; LIVIRA, A.; TAVARES, W. Métodos para superação da dormência em sementes de arroz. **Lavoura Arroeira**, Porto Alegre, v.50, n.430, p.11-15, 1997.

FRANZIN, S.M. **Dormência e pré-germinação de sementes de arroz**. 2006. 109f. Tese (Doutorado em Agronomia). Curso de Pós-Graduação em Agronomia. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria.

FRANZIN, S.M.; MENEZES, N.L.; VILLELA, F.A. Pré-secagem na superação da dormência em sementes de arroz. In: Congresso Pan Americano de Semillas, 2004, Assunção. **Anais...** Assunção, 2004. p.311.

GUIMARÃES, I.F.G; TILLMANN, M.A.A.; VILLELA, F.A. Métodos de superação de dormência para determinar o potencial germinativo de sementes de arroz. **Revista Científica Rural**, Bagé, v.5, n.1, p.77-88, 2000.

JENNINGS, P.R.; JESUS JUNIOR, J. Effect of heat on breaking seed dormancy in rice. **Crop Science**, Madison, v.4, n.5, p.530-533. 1964.

KETRING, A.L. Germination inhibitors. **Seed Science and Technology**, Norway, v.1, n.2 p.305-324. 1973.

KHAN, A.A. Cytokinins: permissive role and seed germination. **Science**. Washington, v.171, n.3974, p.853-859, 1971.

KORN, M. **Aplicações analíticas de ondas ultra-sônicas**, disponível em: www.igq.unicamp.br/sbg/dqa/ondaultrasom.htm. Acessado em outubro de 2003.

LARINDE, M.A. **Seed maturation, desenvolvimento and release of dormancy in red rice**. 1979. 54f. Mestrado, Mississippi State University.

LEOPOLD, A.C.; GLENISTER, R.; COHN, M.A. Relationship between water content and afterripening in red rice. **Physiol Plant**, v.74, p. 659-662. 1988.

LI, B.; FOLEY, M.E. Transcriptional and posttranscriptional regulation of dormancy-associated gene expression by afterripening in wild oat. **Plant Physiology**, Rockville, v.110, p.1267-1273, 1996.

LIBERAL, O.H.T.; PINHEIRO, F.F.M.; COSTA, W.F. da.; DUARTE, L.S.N. Ocorrência de dormência em cultivares de arroz. In: SEMINÁRIO BRASILEIRO DE SEMENTES, 3. Recife, 1970. **Anais...** Recife, 1970. p. 192-201.

MAJUMDER, M.K.; SESHU, D.V.; SHENOY, V.V. A biochemical screening technique for cold tolerance in rice. **Crop Science**, Madison, v.29, n.5, p.1298-1304, 1989.

MENEZES, N.L.; MAZARO, S.M.; BRACKMANN, A. Efeito da exposição a diferentes concentrações de oxigênio para superar a dormência em sementes de arroz irrigado. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.19, n. 2, p.375-379, 1997.

MISRO, B.; MISRA, P.K. Certain considerations on seed dormancy in rice. **Oryza**, Cuttack, v.6, n.2, p.18-22, 1969.

MIYOSHI, K.; SATO, T. The effects of kinetin and giberellin on the germination of dehusked seeds of Indica and Japonica rice (*Oryza sativa* L.) under anaerobic and aerobic conditions. **Annals of Botany**, London, n.80, p.479-483. 1997.

NEDEL, J.L.; SCHUCH, L.O.B.; ASSIS, F.N.; CARMONA, P.S. A planta de arroz: morfologia e fisiologia. In: PESKE, S.T.; SCHUCH, L.O.B.; BARROS, A.C.S.A. Ed. **Produção de arroz irrigado**. 3ed. Pelotas: Universitária/UFPel, 2004. p.17-63.

OLATOYE, S.T.; HALL, M.A. Interaction of ethylene and light on dormant weed seeds. In: HEYDECKER, W. (Ed). **Seed Ecology**. Norwich, England: Pennsylvania State University, 1972. p.23-249.

PESKE, S.T.; BARROS, A.C.S.A.; NUNES, M.M.; FERREIRA, L.H. Sobrevivência de sementes de arroz vermelho depositadas no solo. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.3, n.1, p.17-22, 1997.

ROBERTS, E.H. An investigation of inter varietal differences in dormancy and viability of rice seed. **Annals of Botany**, London, v.27, p.365-367, 1963.

ROBERTS, E.H. Dormancy in rice seed. III. The influence of temperature, moisture and gaseous environment. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v.13, p.75-94, 1961.

ROBERTS, E.H. Dormancy in rice seed. IV. Varietal responses to storage and germination temperatures. **Journal Experimental. Botany.**, Oxford. v.16, n.47, p.341-349, 1965.

SESHU, D.V.; DADLANI, M. Mechanism of seed dormancy in rice. **Seed Science Research**, Wallingford, v.1, p.187-194. 1991.

SMITH JUNIOR, R.J. Red rice control. **Agribusiness Worldwide**, New York, p.18-23, 1992.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719p.

TAKAHASHI, N. Seed germination and seedling growth. In: TSUNODA, S.; TAKAHASHI N. eds. **Biology of rice**. Amsterdam: Japan Sci. Soc. Press, Elsevier/Tokio, 1984. p.71-8.

TAKAHASHI, N. Physiology of dormancy. In: MATSUO, T., KUMAZAWA, K., ISHII, R., et al. **Science of the rice plant**. Tokyo: Food and Agricultural Policy Research Center, 1995. p.45-65.

TANG, W.T.; CHIANG, S.M. Studies on the dormancy of rice seed. **Memoirs, College of Agriculture**, National Taiwan University, Taiwan, v.4, p.1-12, 1955.

VIEIRA A.R.; FRAGA, A.C.; VIEIRA, M.G.G.C.; SOARES, A.A.; OLIVEIRA, J.A. Dormência e qualidade fisiológica de sementes de arroz armazenadas em diferentes regiões do estado de Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.26, n.1, p.33-44, jan./fev. 2002b.

VIEIRA, A.R. **Efeitos de compostos fenólicos na dormência de sementes de arroz (*Oryza sativa* L.) e eficiência de tratamentos pré-germinativos**. 1991. 58f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia), Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras.

VIEIRA, A.R.; VIEIRA, M.G.G.C.; CARVALHO, V.D.; FRAGA, A.C. Efeitos de tratamentos pré-germinativos na superação da dormência de sementes de arroz e na atividade enzimática da peroxidase. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.29, n.4, p.535-542, 1994.

VIEIRA, A.R.; VIEIRA, M.G.G.C.; FRAGA, A.C.; OLIVEIRA, J.A.; SANTOS, C.D. Action of gibberellic acid (GA₃) on dormancy and activity of α amylase in rice seeds. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.24, n.2, p.43-48, 2002a.

VIEIRA, A.R.; VIEIRA, M.G.G.C.; OLIVEIRA J.A.; SANTOS, C.D. Alterações fisiológicas e enzimáticas em sementes dormentes de arroz armazenadas em diferentes ambientes. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.22, n.2, p.53-61, 2000.

★★★★★