

Conservação pós-colheita de pinhões [sementes de *Araucaria angustifolia* (Bertoloni) Otto Kuntze] armazenados em diferentes temperaturas

Postharvest preservation of 'pinhões' [seeds of *Araucaria angustifolia* (Bertoloni) Otto Kuntze] stored at different temperatures

Cassandro Vidal Talamini do Amarante^I Clenilso Sehnen Mota^{II}
Clarice Aparecida Megguer^{III} Gilberto Massachi Ide^{III}

RESUMO

O pinhão (semente de *Araucaria angustifolia*) representa importante fonte de renda aos produtores rurais e uma opção a mais de alimento característico a ser oferecido aos turistas e à população em geral na região Sul do Brasil. A temperatura e a umidade de armazenamento são os principais determinantes da preservação pós-colheita de pinhões. Este trabalho objetivou avaliar os efeitos da temperatura de armazenamento nas taxas respiratórias e de evolução de etileno, bem como na perda de massa fresca e na germinação pós-colheita de pinhões destinados para consumo alimentar humano. Seguiu-se o delineamento experimental inteiramente casualizado com seis temperaturas de armazenamento (2, 10, 20, 30, 40 e 50°C) e quatro repetições, cada repetição correspondendo a amostras contendo cerca de 300g de pinhões. Pinhões armazenados nas diferentes temperaturas não apresentaram produção de etileno (em níveis detectáveis através de cromatografia gasosa, com sensibilidade de 1ppm). A taxa respiratória aumentou substancialmente com o aumento na temperatura, com um $Q_{10} \cong 2,5$ na faixa de temperatura de 2 a 37,1°C. Houve redução substancial da respiração com o aumento na temperatura de 37,1 para 50°C. A maior germinação dos pinhões foi verificada na temperatura de 20°C (~55% dos pinhões germinados aos 26 dias de armazenamento), reduzindo em temperaturas menores (~1% e 21% de germinação nas temperaturas de 2 e 10°C, respectivamente) ou maiores (9% e <1% de germinação nas temperaturas de 30°C e 40-50°C, respectivamente). Estes resultados demonstram a importância do resfriamento de pinhões para temperaturas próximas a 0°C, visando a reduzir a atividade metabólica, especialmente a respiração, com vistas à preservação de sua qualidade e à redução na perda de massa fresca e na germinação pós-colheita.

Palavras-chave: pinheiro do Paraná, fisiologia da semente, respiração, perda de massa fresca, germinação.

ABSTRACT

The seeds ('pinhões') of Brazilian pine (*Araucaria angustifolia*) represent an important source of income to the rural communities and also an additional food product to be offered to the tourists and population in Southern Brazil. Temperature and humidity in the storage environment are the main factors affecting 'pinhões' postharvest preservation. This work was carried out to evaluate the effects of storage temperature on postharvest respiration and ethylene production, as well as on fresh mass loss and germination of 'pinhões' intended for human consumption. The experiment followed a completely randomized design with six storage temperatures (2, 10, 20, 30, 40, and 50°C) and four replicates, each replicate with about 300g of 'pinhões'. 'Pinhões' stored at the different temperatures did not exhibit ethylene production (at levels detectable by gas chromatography, with a sensibility of 1ppm). The respiratory rates increased substantially in the range from 2°C to 37.1°C, with a $Q_{10} \cong 2.5$. The respiration decreased substantially by increasing the temperature from 37.1°C to 50°C. The higher germination rate was achieved for 'pinhões' stored at 20°C (~55% germination after 26 days storage). The germination reduced for 'pinhões' stored at temperatures lower (~1% and 21% of germination for 'pinhões' left at 2 and 10°C, respectively) or higher (9% and <1% of germination for 'pinhões' left at 30°C and 40-50°C, respectively) than 20°C. These results show the importance of 'pinhões' storage at temperatures close to 0°C to reduce the metabolic activity, especially the respiration, and, therefore, to preserve the product quality and to reduce fresh mass loss and seed germination.

Key words: Brazilian pine, seed physiology, respiration, fresh mass loss, germination.

^ICentro de Ciências Agroveterinárias (CAV), Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC). Av. Luiz de Camões, 2090, CP 281, 88520-000, Lages, SC, Brasil. E-mail: amarante@cav.udesc.br. Autor para correspondência.

^{II}Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal, CAV, UDESC, Lages, SC, Brasil. E-mail: a6csm@cav.udesc.br.

^{III}Curso de Agronomia, CAV, UDESC, Lages, SC, Brasil. E-mail: a2gmi@cav.udesc.br.

INTRODUÇÃO

O pinheiro do Paraná [*Araucaria angustifolia* (Bertoloni) Otto Kuntze] é uma espécie secundária, longeva, que ocorre naturalmente no Brasil, distribuindo-se pelos Estados do Paraná, de Santa Catarina e do Rio Grande do Sul. Aparece também em manchas esparsas na região sul dos Estados de São Paulo, Minas Gerais e nas áreas de altitude elevada do Rio de Janeiro (CARVALHO, 1994). Na região Sul do Brasil, devido ao intenso desmatamento nas últimas décadas, o seu cultivo tem recebido forte incentivo por parte de órgãos governamentais, estaduais e municipais, ligados ao meio ambiente e à agricultura.

O pinheiro do Paraná produz anualmente cerca de 40 pinhas, chegando a atingir até 200 pinhas por planta (CARVALHO, 1994). Quando plantado, árvores isoladas iniciam a produção de pinhões entre 10 e 15 anos; porém, em povoamentos, a produção dá-se a partir de 20 anos (CARVALHO, 1994). A maturação da pinha caracteriza-se pelo término do seu desenvolvimento, e ocorre em diferentes épocas, dependendo da variedade e do local. No Brasil, os pinhões são colhidos de março a setembro (CARVALHO, 1994).

O pinhão apresenta grande importância na utilização como alimento e como semente para a produção de mudas. A conservação pós-colheita do pinhão como semente é dificultada pela sua natureza recalcitrante (CORBINEAU et al., 1997; RAMOS et al., 1988; SALMEN-ESPINDOLA et al., 1994; TOMPSETT, 1993), já que ocorre rápida perda de sua viabilidade fisiológica com a redução do grau de umidade (AQUILA & FERREIRA, 1984; FARRANT et al., 1989; FOWLER et al., 1998). Todavia, esta não é uma limitação para consumo na forma de alimento. Na verdade, a brotação do pinhão representa uma desvantagem, já que sementes brotadas não apresentam valor comercial para consumo humano.

Devido à falta de métodos para a conservação *in natura* e para o processamento industrial, o pinhão tem sido pouco empregado na culinária brasileira. Apesar de sua importância histórico-cultural na alimentação das populações na região Sul do Brasil, pouca atenção tem sido dada à pesquisa de métodos que preservem a sua qualidade pós-colheita. Técnicas de conservação e industrialização do pinhão devem ser desenvolvidas para promover a comercialização e o uso do pinhão em outras épocas do ano, além da estação de produção, visando a tornar o seu mercado mais atraente, incentivando a sua extração e comercialização por parte dos produtores rurais (SANTOS et al., 2002). Isso representaria uma

fonte alternativa de renda para as comunidades rurais, promovendo assim o cultivo do pinheiro do Paraná e desestimulando o corte ilegal dessa espécie florestal, considerada rara ou ameaçada de extinção (KLEIN, 1993).

Este trabalho objetivou avaliar os efeitos da temperatura de armazenamento nas taxas respiratórias e de evolução de etileno, bem como na perda de massa fresca e na germinação pós-colheita de pinhões destinados para consumo alimentar humano.

MATERIAL E MÉTODOS

Pinhas de pinheiro do Paraná [*Araucaria angustifolia* (Bertoloni) Otto Kuntze] foram coletadas de plantas com cerca de 100-140 anos de idade, em uma propriedade rural do município de Lages, SC, em junho de 2003, e transportadas imediatamente para o laboratório de Fisiologia Vegetal, no Centro de Ciências Agroveterinárias (CAV), em Lages, SC. As pinhas foram debulhadas, sendo selecionados pinhões sadios (isentos de ataque de pragas, infecções por patógenos e de danos mecânicos) e de tamanho uniforme. Esses pinhões foram armazenados em câmaras BOD, nas temperaturas de 2, 10, 20, 30, 40 e 50°C, e umidade relativa de 90±2%. O experimento seguiu o delineamento inteiramente casualizado, com seis tratamentos (temperaturas) e quatro repetições, cada repetição correspondendo a amostras contendo cerca de 300g de pinhões.

Os pinhões foram mantidos nas diferentes temperaturas de armazenamento durante o período máximo de 96 dias, sendo feitas avaliações periódicas de taxas respiratórias e de evolução de etileno, germinação e perda de massa fresca.

As quantificações das taxas respiratórias e de evolução de etileno foram feitas com um cromatógrafo a gás Varian® (modelo CG 3800), equipado com metanador, detector de ionização de chama e coluna Porapak N (80 a 100 mesh). As temperaturas do forno, do detector, do metanador e do injetor foram de 45, 120, 300 e 110°C, respectivamente. Os fluxos de N₂, H₂ e ar utilizados foram de 70, 30 e 300 mL min⁻¹, respectivamente.

As taxas respiratórias e de evolução de etileno foram calculadas e expressas segundo o sistema internacional de unidades, descrito por BANKS et al. (1995), através da seguinte equação:

$$r_j = \frac{\left(V_{frasco} - \frac{M}{\rho_{pinhão}^{20}} \right) \Delta p_j^{\Delta t}}{R (T + 273,15) M \Delta t}$$

Onde:

V_{frasco} = volume do frasco utilizado para a medição da taxa de produção do gás j ;

M = massa dos pinhões (kg);

$\rho_{\text{pinhão}}^{20}$ = densidade (kg m^{-3}) do pinhão a 20°C;

$\Delta p_j^{\Delta t}$ = diferença na pressão parcial do gás j , no intervalo de tempo Δt ;

R = constante dos gases perfeitos ($8,3143 \text{ m}^3 \text{ Pa mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$);

T = temperatura (°C);

Δt = diferença de tempo entre as amostragem iniciais e finais do gás j .

As taxas respiratórias, quantificadas 24 horas após a colocação dos pinhões nas diferentes temperaturas, foram utilizadas para o ajuste de modelo matemático, relacionando temperatura e respiração, visando calcular o valor do Q_{10} .

A avaliação de germinação (%) foi feita visualmente, considerando semente brotada aquela que apresentava protrusão visível de radícula através da casca da semente. A perda de massa fresca (%) foi determinada pela diferença entre a massa inicial e aquela no momento da realização das análises, com o auxílio de uma balança com sensibilidade de 0,001g.

Os dados coletados foram analisados estatisticamente com o programa SAS (1990). As análises de regressão não-linear foram realizadas pelo emprego do procedimento PROC NONLIN. As médias de tratamentos foram comparadas pelo teste LSD ao nível de 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Considerando a taxa respiratória 24h após o armazenamento dos pinhões nas diferentes temperaturas, foi possível representar graficamente a relação entre temperatura e atividade respiratória (Figura 1). Segundo o modelo matemático ajustado, a taxa respiratória aumentou até a temperatura de 37,1°C, diminuindo a seguir. Na faixa de temperatura de 2 a 37,1°C, obteve-se um $Q_{10} \cong 2,5$. Houve redução da taxa respiratória com o aumento na temperatura de 37,1 a 50°C, possivelmente como resultado da desnaturação/inativação de enzimas e desorganização do sistema de membranas celulares (TAIZ & ZEIGER, 1998).

Pinhões armazenados nas diferentes temperaturas não apresentaram produção de etileno em níveis detectáveis através de cromatografia gasosa, em equipamento com sensibilidade de 1ppm. Isso demonstra que as sementes de pinheiro do Paraná não só apresentam baixa capacidade de produção de etileno, mas também que a biossíntese deste hormônio não é influenciado pela temperatura de armazenamento. O

etileno é o principal hormônio promotor da maturação e senescência em tecidos de plantas (WILLS et al., 1998). A baixa capacidade de produção de etileno demonstra que este hormônio apresenta reduzido ou nenhum controle sobre a senescência e a perda de viabilidade fisiológica em pinhões.

As menores taxas respiratórias foram observadas em pinhões armazenados nas temperaturas de 2 e 10°C (Figura 2). As taxas respiratórias em pinhões armazenados na temperatura de 10°C aumentaram sensivelmente a partir de 50 dias de armazenamento, sendo significativamente superiores às taxas respiratórias de pinhões armazenados na temperatura de 2°C (Figura 2). As taxas respiratórias foram significativamente maiores na temperatura de 20°C, em relação às duas temperaturas inferiores, e mantiveram-se entre valores de 200 e 300nmol de $\text{CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-1}$ (Figura 2). As taxas respiratórias foram bastante elevadas no início do experimento nas temperaturas de 30 e 40°C (Figura 2). Na temperatura de 30°C, houve uma queda na taxa respiratória até os 10 dias de armazenamento, mantendo-se constante até os 20 dias, ocorrendo um aumento gradativo posteriormente. Em pinhões mantidos na temperatura de 40°C, houve uma redução contínua na taxa de respiração até cerca de 16 dias após o início do armazenamento, sendo esses pinhões eliminados aos 26 dias, devido ao aspecto visual não atrativo (casca com pouco brilho e coloração marrom). A taxa respiratória na temperatura de 50°C foi substancialmente menor que na temperatura de 20°C já a partir da primeira avaliação, estando os pinhões totalmente senescentes e com atividade respiratória bastante baixa após quatro dias (Figura 2).

A germinação dos pinhões foi fortemente inibida na temperatura de 2°C, atingindo cerca de 1% de germinação após 96 dias de armazenamento (Figura 3A). Na temperatura de 10°C, houve um significativo incremento na percentagem de germinação, atingindo cerca de 21% de germinação após 96 dias de armazenamento (Figura 3A). O maior incremento na taxa de germinação dos pinhões foi verificado na temperatura de 20°C, com cerca de 55% dos pinhões germinados a partir de 26 dias de armazenamento (Figura 3A). Na temperatura de 30°C, a percentagem de germinação foi de, no máximo, 9% aos 26 dias de armazenamento, enquanto pinhões deixados nas temperaturas de 40 e 50°C apresentaram taxas de germinação inferior a 1% (Figura 3A).

A reduzida germinação de pinhões mantidos em temperaturas inferiores a 20°C (Figura 3A) reflete a menor atividade metabólica dos tecidos sob refrigeração, como é o caso da respiração (Figuras 1 e 2). A redução na germinação com o aumento da

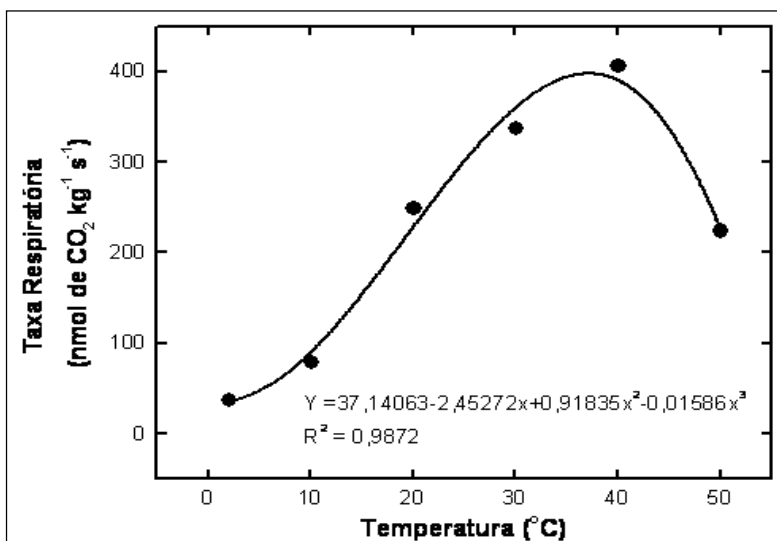


Figura 1 - Relação entre temperatura e taxa respiratória em pinhões, 24h após o armazenamento.

temperatura de 20°C para 30-40°C parece refletir o acelerado processo de consumo de reservas, levando à rápida senescência dos tecidos. Na temperatura de 50°C, inicia-se o processo de desnaturação de enzimas, comprometendo assim o metabolismo dos tecidos (TAIZ & ZEIGER, 1998), evidenciado pela menor taxa respiratória em relação à temperatura de 40°C (Figura 2). Todavia, há de se destacar que os pinhões, em virtude de sua natureza recalcitrante, perdem a

viabilidade fisiológica com a desidratação (AQUILA & FERREIRA, 1984; FARRANT et al., 1989; FOWLER et al., 1998). Portanto, a redução na porcentagem de germinação em temperaturas superiores a 20°C pode ter sido o resultado da maior desidratação das sementes (Figura 3B), mesmo com a utilização de elevada umidade relativa (90±2%) no interior das câmaras BOD. Com a elevação da temperatura, mantendo a mesma umidade relativa do ar, ocorre um aumento no déficit de pressão de vapor de água (DPV) entre o pinhão e o ar da câmara. Portanto, o DPV entre o pinhão (com temperatura em equilíbrio com a

temperatura do ar da câmara e cerca de 99,5% de umidade relativa entre os espaços inter-celulares) e o ar aumenta de 221,5 Pa, na câmara com 20°C/90% UR, para 1.168,7 Pa na câmara com 50°C/90% UR. Portanto, o aumento na perda de massa fresca dos pinhões com o aumento na temperatura de armazenamento (Figura 3B) resulta principalmente do aumento na perda de água, como também do aumento no consumo de substratos respiratórios. O aumento na desidratação dos pinhões armazenados em temperaturas superiores

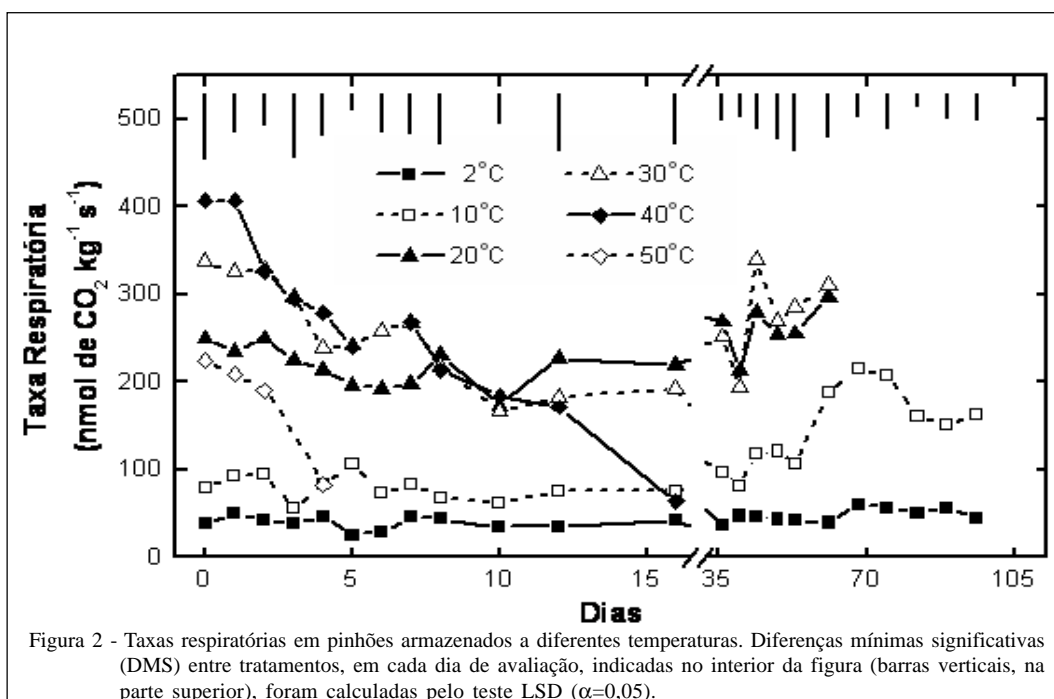


Figura 2 - Taxas respiratórias em pinhões armazenados a diferentes temperaturas. Diferenças mínimas significativas (DMS) entre tratamentos, em cada dia de avaliação, indicadas no interior da figura (barras verticais, na parte superior), foram calculadas pelo teste LSD ($\alpha=0,05$).

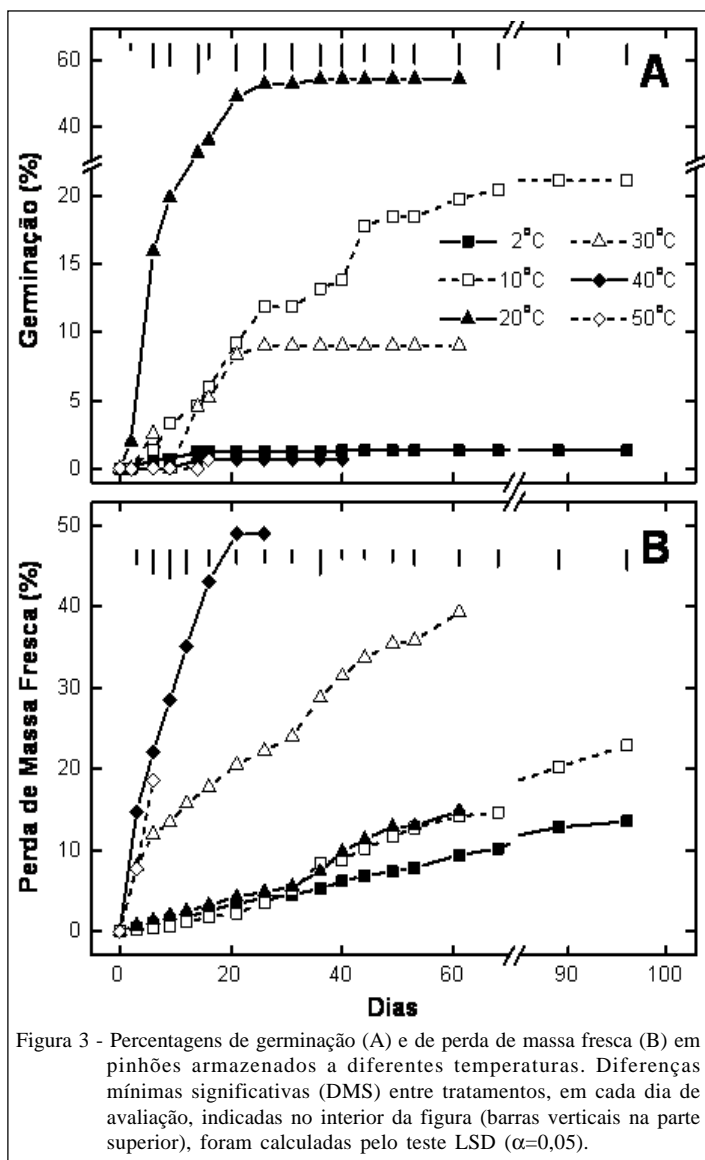


Figura 3 - Percentagens de germinação (A) e de perda de massa fresca (B) em pinhões armazenados a diferentes temperaturas. Diferenças mínimas significativas (DMS) entre tratamentos, em cada dia de avaliação, indicadas no interior da figura (barras verticais na parte superior), foram calculadas pelo teste LSD ($\alpha=0,05$).

a 20°C pode ter ocasionado a inibição da germinação (Figura 3). Pinhões armazenados a 20°C atingiram valor máximo de germinação de 55% aos 26 dias de armazenamento. A ausência de incremento na percentagem de germinação após essa data pode ter sido resultado da desidratação, quando se atingiu uma perda de aproximadamente 5% de massa fresca inicial (Figura 3B).

CONCLUSÕES

Estes resultados demonstram que, ao se armazenar os pinhões visando a sua utilização como alimento, deve-se procurar armazená-los imediatamente após a colheita em temperaturas próximas de 0°C, em ambiente com elevada umidade relativa, visando a evitar

a desidratação e a germinação. O armazenamento em temperaturas elevadas, iguais ou superiores a 20°C, levou à rápida perda de viabilidade fisiológica, em função do gasto energético com a respiração e da desorganização celular relacionada à desidratação e à senescência dos tecidos. Em temperaturas de 40-50°C, esses processos foram mais evidentes.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo apoio financeiro a este projeto.

REFERÊNCIAS

- AQUILA, M.E.A.; FERREIRA, A.G. Germinação de sementes escarificadas de *Araucaria angustifolia* em solo. *Ciência e Cultura*, Campinas, v.36, n.9, p.1583-1589, 1984.
- BANKS, N.H. et al. Proposal for a rationalized system of units for postharvest research in gas exchange. *HortScience*, Alexandria, v.30, n.6, p.1129-1131, 1995.
- CARVALHO, P.E.R. *Araucaria angustifolia* (Bertoloni) Otto Kuntze: Pinheiro-do-Paraná. In: CARVALHO, P.E.R. (Ed). **Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira**. Colombo: EMBRAPA-CNPQ/Brasília: EMBRAPA-SPI, 1994. p.70-78.

CORBINEAU, F. et al. Cellular and metabolic events associated with dehydration of recalcitrant *Araucaria angustifolia* embryos. In: ELLIS, R.H. et al. (Eds). **Basic and applied aspects of seed biology**. Reding, United Kingdom, 1995. Dordrecht, Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 1997. p.715-721.

FARRANT, J.M. et al. Germination-associated events and the desiccation sensitivity of recalcitrant seeds – a study on three unrelated species. *Planta*, Heidelberg, v.178, p.189-198, 1989.

FOWLER, J.A.P. et al. **Conservação de sementes de pinheiro do Paraná sob diferentes condições de ambientes e embalagens**. Colombo: EMBRAPA-CNPQ, 1998. 4p. (Comunicado Técnico, 34).

KLEIN, R.M. Espécies raras ou ameaçadas de extinção do Estado de Santa Catarina. *Estudos de Biologia*, Curitiba, n.31, p.3-9, 1993.

RAMOS, A. et al. Alterações bioquímicas e fisiológicas imediatas em sementes de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze.

submetidas a secagem em estufa. In: SIMPÓSIO BILATERAL BRASIL-FINLÂNDIA SOBRE ATUALIDADES FLORESTAIS, 1988, Curitiba. **Simpósio...** Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 1988. p.97-110.

SALMEN-ESPINDOLA, L. et al. Cellular and metabolic damage induced by desiccation in recalcitrant *Araucaria angustifolia* embryos. **Seed Science Research**, Baton Rouge, v.4, n.2, p.193-201, 1994.

SANTOS, A.J. dos et al. Aspectos produtivos e comerciais do pinhão no Estado do Paraná. **Floresta**, Curitiba, v.32, n.2, p.163-169, 2002.

SAS INSTITUTE (Cary, Estados Unidos). **Doing more with SAS/ASSIST software**: version 6. Cary, 1990. 789p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology**. 2.ed. Sunderland: Sinauer Associates, 1998. 793p.

TOMPSETT, P.B. Manejo e armazenamento de sementes de *Agathis spp* e *Araucaria spp*. **Silvicultura**, São Paulo, v.8, n.30, p.290-293, 1993.

WILLS, R.H. et al. **Postharvest, an introduction to the physiology and handling of fruit, vegetables and ornamentals**. 4.ed. New York: CAB International, 1998. 262p.