

Boletim de Pesquisa

Número, 1

Ministério
da Agricultura
e do Abastecimento

Julho, 1999

**RESPIRAÇÃO DE SEMENTES
DE CUPUAÇUZEIRO SUBMETIDAS
A ESTRESSE TÉRMICO**

REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL

Presidente
Fernando Henrique Cardoso

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E DO ABASTECIMENTO
Ministro
Francisco Sérgio Turra

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA
Presidente
Alberto Duque Portugal

DIRETORES
Dante Daniel Giacomelli Scolari
Elza Ângela Battaglia Brito da Cunha
José Roberto Rodrigues Peres

CHEFIA DA EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL

Emanuel Adilson Souza Serrão – Chefe Geral
Jorge Alberto Gazel Yared – Chefe Adjunto de Pesquisa e Desenvolvimento
Antonio Carlos Paula Neves da Rocha – Chefe Adjunto de Apoio Técnico
Antonio Ronaldo Teixeira Jatene – Chefe Adjunto de Administração

**RESPIRAÇÃO DE SEMENTES
DE CUPUAÇUZEIRO SUBMETIDAS
A ESTRESSE TÉRMICO**

Francisco José Câmara Figueirêdo
Cláudio José Reis de Carvalho
Olinto Gomes da Rocha Neto



Exemplares desta publicação podem ser solicitados à:

Embrapa Amazônia Oriental

Trav. Dr. Enéas Pinheiro, s/n

Telefones: (91) 276-6653, 276-6333

Fax: (91) 276-9845

e-mail: cpatu@cpatu.embrapa.br

Caixa Postal, 48

66095-100 - Belém, PA

Tiragem: 200 exemplares

Comitê de Publicações

Leopoldo Brito Teixeira - Presidente

Joaquim Ivanir Gomes

Antonio de Brito Silva

Maria do Socorro Padilha de Oliveira

Antonio Pedro da S. Souza Filho

Maria de N. M. dos Santos - Secretária Executiva

Exedito Ubirajara Paixoto Galvão

Revisores Técnicos

José Edmar Urano de Carvalho - Embrapa Amazônia Oriental

Moacyr Bernardino Dias Filho - Embrapa Amazônia Oriental

Oriel Filgueira de Lemos - Embrapa Amazônia Oriental

Expediente

Coordenação Editorial: Leopoldo Brito Teixeira

Normalização: Rosa Maria Melo Dutra

Revisão Gramatical: Maria de Nazaré Magalhães dos Santos

Moacyr Bernardino Dias Filho (texto em inglês)

Composição: Euclides Pereira dos Santos Filho

FIGUEIRÊDO, F.J.C.; CARVALHO, C.L.R. de; ROCHA NETO, O.G. da. **Respiração de sementes de cupuaçuzeiro submetidas a estresse térmico.** Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 1999. 22p. (Embrapa Amazônia Oriental. Boletim de Pesquisa, 1).

1. Semente de cupuaçuzeiro - Respiração. 2. Semente de cupuaçuzeiro - Estresse térmico. I. Carvalho, C.J.R. de, colab. II. Rocha Neto, O.G. da, colab. III. Embrapa Amazônia Oriental (Belém, PA). IV. Título. V. Série.

CDD: 634.65

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	6
MATERIAL E MÉTODOS	9
RESULTADOS E DISCUSSÃO	12
CONCLUSÕES	18
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	19

RESPIRAÇÃO DE SEMENTES DE CUPUAÇUZEIRO SUBMETIDAS A ESTRESSE TÉRMICO¹

Francisco José Câmara Figueirêdo²
Cláudio José Reis de Carvalho³
Olinto Gomes da Rocha Neto²

RESUMO: Sementes de cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum* [Wild. ex. Spreng.] Schum.) foram submetidas por 48, 72, 240 e 480 horas, a estresse térmico promovido pelas condições de $16^{\circ} \pm 2^{\circ} \text{C}$ e $65 \pm 2\%$ de umidade relativa (UR) ou $21^{\circ} \pm 2^{\circ} \text{C}$ e $45 \pm 2\%$ de UR, com o objetivo de avaliar os efeitos sobre o comportamento respiratório, comparadas às dos tratamentos controle, constituídos de sementes despulpadas manualmente ou mecanicamente. Os testes de respiração foram realizados com base no método manométrico de Warburg. Os oito tratamentos experimentais, com cinco repetições, foram distribuídos em parcelas inteiramente casualizadas e constituídas de duas sementes. Cada parcela foi constituída de duas sementes e a comparação entre as médias foi feita pelo teste de Tukey, em nível de 5 % de probabilidade. Os resultados alcançados permitiram inferir que as sementes expostas por 480 horas à temperatura de $16^{\circ} \pm 2^{\circ} \text{C}$ e $65 \pm 2\%$ de UR apresentaram a maior porcentagem de absorção de água, após o período de 24 horas de embebição, e a menor taxa de atividade respiratória. O consumo de oxigênio aumentou progressivamente à medida que foi prolongado o teste de respiração.

Termos para indexação: *Theobroma grandiflorum*, embebição, temperatura, umidade relativa.

¹Extraído da tese de doutorado, "Aspectos fisiológicos e bioquímicos da emergência de sementes e do estágio inicial do desenvolvimento de cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum* [Wild. Ex-Spreng.] Schum.)", apresentada ao Centro de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Pará.

²Eng.- Agr., Dr., Embrapa Amazônia Oriental, Caixa Postal, 48, CEP 66017-970, Belém, PA.

³Eng.- Agr., Ph.D., Embrapa Amazônia Oriental.

RESPIRATION OF CUPUAÇU SEEDS UNDER THERMAL STRESS

ABSTRACT: Seeds of *Theobroma grandiflorum* (Wild. ex- Spreng.) Schum. were subjected for 48, 72, 240 and 480 hours, to thermal stress promoted by the conditions of $16^{\circ} \pm 2^{\circ} \text{C}$ and $65 \pm 2\%$ of relative humidity (UR) or $21^{\circ} \pm 2^{\circ} \text{C}$ and $45 \pm 2\%$ of UR, with the objective of evaluating its effects on the respiration behavior, compared to the controls treatments represented of seeds manually or mechanically hulling. The respiration tests were accomplished with support in the method of Warburg. The treatments were arranged in a completely randomized design, with five replications of two seeds, and the comparison among the means averages was done by the test of Tukey, at the level of 5% of probability. The results allow to infer that the seeds exposed for 480 hours to the temperature of $16 \pm 2^{\circ} \text{C}$ and $65 \pm 2\%$ of UR showed the largest percentage of absorption of water, after the period of 24 hours of imbibition, and the rate smaller respiratory activity. The consumption of oxygen increased progressively to the measure in that were lingering the respiration test.

Index terms: *Theobroma grandiflorum*, imbibition, temperature, relative humidity.

INTRODUÇÃO

O cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum* [Wild. ex. Spreng.] Schum.), espécie nativa do Estado do Pará, pertence à família *Sterculiaceae* e é considerado uma das principais opções agrícola para a região amazônica. Por isso, tem sido indicado para cultivos em consórcios e para compor sistemas agroflorestais (Calzavara et al. 1984; Mota, 1990; Nogueira et al. 1991; Gasparotto et al. 1997; Ribeiro, 1997; Cavalcante & Costa, 1997).

O potencial da cultura do cupuaçuzeiro para o desenvolvimento socioeconômico regional exige a plena domesticação dessa espécie que, até bem pouco tempo, era

explorada de forma extrativa. Os avanços tecnológicos, a partir de diversos trabalhos experimentais, permitiram a implantação de cultivos racionais, fatos que não inibiram a execução de novas ações de pesquisas, notadamente as voltadas ao conhecimento básico, de fundamental importância à medida que possam ser desvendados alguns aspectos relacionados ao comportamento fisiológico, como, dentre outros, a respiração das sementes.

A atividade respiratória das sementes, que têm início com a reidratação, concorre à ativação do metabolismo e acelera as funções germinativas. Como consequência, há a produção de energia, a reativação enzimática, responsável pelas reações bioquímicas, e as transformações das substâncias de reservas que levam ao aumento do embrião e à diferenciação dos tecidos até a formação de nova planta (Perl, 1987; Woodstock, 1988; Attridge, 1990; Madden & Burris, 1995).

Outro fator importante na respiração das sementes está relacionado com a permeabilidade das membranas celulares, pois esta regula a perda ou a absorção de água e a utilização de oxigênio. Leadem & Edwards (1993) observaram que sementes de *Abies lasiocarpa*, *Pinus monticola* e *Pseudotsuga menziesii* tiveram rápido incremento da respiração após a embebição, semelhantes aos resultados obtidos por Figueirêdo et al. (1998), quando estudaram a respiração de sementes de cupuaçuzeiro após diversos períodos de embebição. Por outro lado, Johnston & Fernandez (1978) observaram que sementes de *Atriplex repanda*, permeáveis à água e a oxigênio, apresentaram redução temporária da respiração durante a embebição.

Segundo Mayer (1980), a permeabilidade da membrana celular exerce o controle do metabolismo, fazendo com que as substâncias de reservas sejam utilizadas com eficiência, para que os eventos sejam realizados de modo seqüencial, garantindo a distribuição, no espaço e no tempo, durante o progresso da germinação.

Quanto à presença do tegumento durante os testes de respiração, Wang & Shao (1984), ao trabalharem com sementes de *Cinnamomum camphora*, obtiveram maior taxa de germinação e incremento da respiração após a sua remoção. Sementes de cupuaçuzeiro, sem o tegumento, também apresentaram maior índice de respiração do que as intactas, com ou sem resto de polpa (Figueirêdo et al. 1998).

Outros estudos de respiração de sementes foram conduzidos por diversos pesquisadores, como os de Santos (1985), com sementes de beterraba (*Beta vulgaris* L.); Pesis & Ng (1986), com melão (*Cucumis melo* L.); Pehap et al. (1987), com sementes de *Pice abies*; Garwood & Lighton (1990), com espécies de arbustos, árvores, cipós e parreiras; Normah & Chin (1991), com *Hevea* sp. e o de Pammenter et al. (1997), com *Avicennia marina* (Forssk.) Vierh., voltados à qualidade fisiológica (germinação e vigor), aos efeitos do peso e do conteúdo de umidade da semente no consumo de oxigênio, da temperatura de armazenamento antes da avaliação da respiração ou mesmo da temperatura sob a qual os testes forem realizados utilizando o respirômetro Warburg.

A exposição de sementes de cupuaçuzeiro a condições adversas de temperatura e umidade relativa do ar apresentará mais um avanço no conhecimento do comportamento fisiológico e terá relativa importância no processo de domesticação da espécie. Por outro lado, sabe-se que a domesticação só estará completa quando for possível se dispor de ampla base de dados, científicos e tecnológicos, que possam dirimir as dúvidas que vão desde o manuseio da semente até as fases que antecedam as etapas de industrialização de seus produtos e subprodutos. Portanto, o objetivo deste trabalho foi o de avaliar os efeitos de estresses térmicos sobre o comportamento respiratório de sementes de cupuaçuzeiro.

MATERIAL E MÉTODOS

Neste estudo, os frutos de cupuaçuzeiro para a extração de sementes, com peso médio $1.183 \text{ g} \pm 21,9 \text{ g}$, foram coletados na área de fruteiras tropicais da Embrapa Amazônia Oriental, em Belém, Pará.

As sementes, após terem sido despulpadas, foram submetidas à seleção manual, tendo sido eliminadas as consideradas de tamanho pequeno, as chochas e as fora dos padrões normais, além das que sofreram danos mecânicos no decorrer do processo de despulpamento, realizado com o emprego de uma máquina modelo básico, fabricada pela Pulper Finisher (EUA).

A amostra de trabalho foi fracionada em diversas subamostras, das quais foram estabelecidas as parcelas preliminares. Em seguida, as semente dessas parcelas foram submetidas a estresse térmico promovido pelas variações de temperatura e umidade relativa dos ambientes de câmara fria (CF), regulada a $10^\circ \pm 2^\circ \text{ C}$ e $65 \pm 2 \%$ de umidade (UR); de câmara refrigerada (CR), a $16^\circ \pm 2^\circ \text{ C}$ e $65 \pm 2 \%$ UR e de sala refrigerada (SF) a $21^\circ \pm 2^\circ \text{ C}$ e $45 \pm 2 \%$ UR, onde permaneceram por tempos que variaram de 48, 72, 240 e 480 horas de exposição.

Os tratamentos controles T.01 e T.02, representados por sementes despulpadas manual e mecanicamente, respectivamente, foram colocados a competir com aqueles definidos com base em avaliações preliminares (parâmetros físico e fisiológico), que permitiram a definição dos seguintes tratamentos:

- T.03, sementes conservadas por 48 horas em CR;
- T.04, idem por 72 horas em CR;
- T.05, idem por 240 horas em CR;
- T.06, idem por 480 horas em CR;

- T.07, sementes mantidas por 48 horas em SF; e
- T.08 - idem por 72 horas em SF.

As sementes amostradas para a realização do teste de respiração foram identificadas por números e pesadas individualmente, após terem sido submetidas à extirpação do tegumento. Para tanto, foram levados em consideração os trabalhos de Figueirêdo et al. 1998, com semente de cupuaçuzeiro, e os de Pesis & Ng (1986), com cultivares de melão, onde observaram que os maiores consumos de oxigênio foram observados para as sementes sem o tegumento.

Essas sementes foram distribuídas em gerbox, entre camadas com quatro dobras de papel-toalha, umedecidas com água destilada até a saturação, e mantidas em câmara de crescimento (NAPCO, modelo 304 - EUA), pelo período de 24 horas, a 35 °C, condições essas adotadas por Figueirêdo et al. 1998. Ao final desse período, foram novamente pesadas em separado e, por diferença de peso, foi calculada a porcentagem de absorção de água.

As determinações de respiração foram realizadas em respirômetro de Warburg (Trade Take Mark, modelo OT.ST.7, Japão). Para tanto, de cada tratamento foram subamostradas dez sementes e, ao final dos testes, foram estabelecidos os volumes e determinados os pesos das sementes de cada parcela.

Os testes de respiração foram realizados com base no método estabelecido por Umbreit et al. (1972), que se baseia no princípio de que sob temperatura e volume de gás constantes podem ser mensurados, por troca de pressão, o consumo de O₂ ou a liberação de CO₂. Essas trocas gasosas foram determinadas a partir das alterações nos níveis das colunas do termobarômetro e dos manômetros correspondentes aos frascos onde foram colocadas as sementes de cada parcela experimental.

Nos cálculos foram levados em consideração as leituras manométricas, a partir do ponto zero e dos intervalos de leitura, a cada quinze minutos, até o tempo máximo de uma hora; a diferença entre os valores de leitura do manômetro no intervalo de referência e a do valor inicial (μL); a correção da leitura do termobarômetro feita por subtração do valor da leitura subsequente e a correspondente à inicial; o valor referente à variação em determinado intervalo de leitura, calculado pela diferença entre os valores registrados nas leituras anteriores.

O consumo total de O_2 foi calculado multiplicando-se os valores obtidos a partir das leituras manométricas pela constante de oxigênio de Warburg (K), segundo Umbreit et al. (1972), determinada pela fórmula:

$$K = \frac{Vg \cdot \frac{273}{T} + Vf \cdot \alpha}{Po}$$

Vg = volume total do gás do frasco e do manômetro (103,6 mL);

T = temperatura absoluta $^{\circ}\text{K}$ ($35^{\circ}\text{C} + 273$);

Vf = volume de hidróxido de potássio (KOH) 0,2 N colocado na cisterna do frasco (0,7185 mL) para captação de CO_2 liberado, mais o volume das sementes (estimado com o auxílio de proveta graduada com água destilada);

α = valor constante que representa o coeficiente de solubilidade do oxigênio à temperatura de 35°C , e este valor foi calculado por curva de regressão polinomial ($r^2=0,99$) a partir dos valores para a solução de Ringer's e água (Umbreit et al. 1972); e Po = pressão padrão calculada com base na fórmula:

$$Po = 760 \cdot \frac{13,60}{dlm} = 10.282,92$$

A dlm, densidade do líquido usado como fluido no manômetro (Tween 80 a 1,0 % + azul de metileno), foi estimada em $1,00526 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$. A temperatura da água do banho-maria do respirômetro foi regulada a 35°C e, os resultados de respiração, expressos em $\mu\text{LO}_2 \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$.

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado, com cinco repetições, e as parcelas de cada tratamento foram constituídas de duas sementes.

A análise da variância foi realizada com o auxílio do programa ESTAT – Sistema para Análise Estatística, versão 2.0 (UNESP/FCAV, Campus de Jaboticabal, SP), com base no modelo matemático:

$$y = m + E_i + e_{ij}, \text{ onde:}$$

y = valor observado para cada variável de resposta;

m = média geral;

E_i = efeito i -ésimo do estresse; e

e_{ij} = erro de observação j -ésima do i -ésimo do tipo de estresse.

A comparação entre as médias não-transformadas foi realizada pelo teste de Tukey, ao nível de 5 % de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As características básicas médias das sementes representativas dos diversos tratamentos colocados em competição são apresentadas na Tabela 1.

A porcentagem média de embebição das sementes de cupuaçuzeiro foi de 19,7 % e as taxas extremas de absorção de água foram de 9,6 % para o tratamento T.02 e 36,6 % para o T.06 (Tabela 1). Observou-se que a porcentagem média de embebição foi sempre maior nas sementes submetidas a estresses térmicos (T.03, T.04, T.05, T.06, T.07 e T.08). Para tanto, pode ter contribuído a degeneração das membranas celulares e subsequente perda do controle da permeabilidade, conforme sugerem Delouche e Berjak & Villiers, citados por Popinigis (1985). Crispim et al. (1994),

quando estudaram a respiração de sementes de soja pelo método de titulação, observaram que as sementes deterioradas foram as que apresentaram a maior porcentagem de embebição, o que caracteriza maior perda de vigor.

TABELA 1. Características física e fisiológica de sementes de cupuaçuzeiro, submetidas a estresses térmicos, antes dos testes de respiração.

Tratamento	Peso			Porcentagem		
	CT	ST	SE	GU	PE	EB
T.01	5,61	2,95	3,26	52,1	96,5	10,5
T.02	5,93	3,22	3,53	55,4	97,5	9,6
T.03	5,56	2,98	3,54	47,9	79,0	18,8
T.04	5,74	2,77	3,39	45,1	46,0	22,4
T.05	5,85	3,17	4,14	25,9	30,0	30,6
T.06	5,83	3,09	4,22	17,3	23,5	36,6
T.07	5,98	3,26	3,68	45,6	69,5	12,9
T.08	5,93	3,38	3,93	42,4	54,5	16,3
Média	5,80	3,10	3,71	41,5	62,1	19,7

CT = com tegumento; ST = sem tegumento; SE = sem tegumento embebida; GU = grau de umidade antes da embebição; PE = emergência; EB = embebição.

Por outro lado, também pode-se deduzir que as maiores taxas médias de embebição corresponderam aos tratamentos que apresentaram as menores porcentagens de emergência. Essa tendência de redução da porcentagem de emergência com o aumento da embebição, certamente decorreu da aplicação dos estresses térmicos que afetaram negativamente as condições fisiológicas das sementes e possibilitaram o aumento da permeabilidade das membranas. Segundo Popinigis (1985), as sementes deterioradas, juntamente com as imaturas, apresentam maior capacidade de absorção de água.

Muito embora as diferenças de porcentagem de absorção tenham sido influenciadas pelos tratamentos aplicados às sementes de cupuaçuzeiro, as variações biométricas podem ter contribuído para tanto, pois os maiores ganhos foram registrados para as sementes submetidas aos estresses mais drásticos e com maiores pesos médios (tratamentos T.05 e T.06). Souza et al. (1996) observaram que as sementes maiores absorveram mais água do que as de tamanhos inferiores e a qualidade fisiológica de *Calopogonium mucunoides* diminuiu com o aumento da porcentagem de absorção. Por outro lado, Andrade et al. (1996), quando trabalharam com sementes de diferentes tamanhos de *Euterpe edulis* Mart., observaram que o sincronismo da germinação não foi causado pela diferença de tamanho, ou mesmo pela velocidade de embebição de água.

Na Fig. 1 está representado o consumo médio de oxigênio por tratamento experimental, calculado em função do peso (g) médio das sementes de cupuaçuzeiro utilizadas nos testes de respiração.

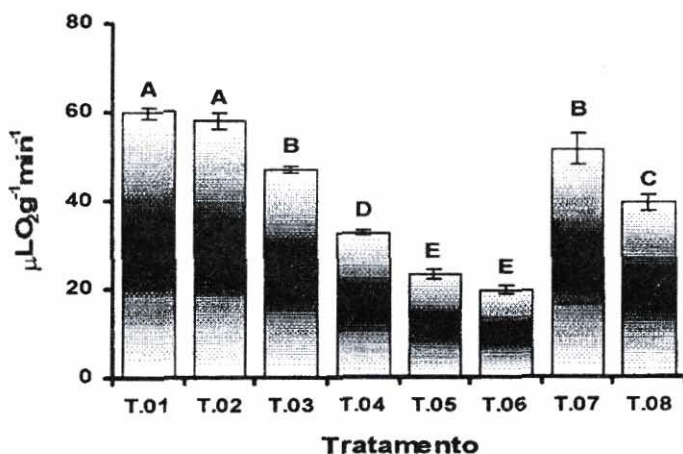


FIG. 1. Consumo médio de oxigênio por sementes de cupuaçuzeiro submetidas a estresse térmico, comparação de médias (letras iguais não diferiram entre si) pelo teste de Tukey, a 5%, e o erro padrão da média (I).

A partir da comparação estatística das médias, pode-se inferir que os estresses aplicados às sementes de cupuaçuzeiro provocaram reduções no consumo de oxigênio, fato responsável pela superioridade dos tratamentos controle, T.01 ($59,69 \mu\text{LO}_2\text{g}^{-1}\text{min}^{-1}$) e T.02 ($57,79 \mu\text{LO}_2\text{g}^{-1}\text{min}^{-1}$), que não diferiram entre si, mas foram superiores a todos os demais tratamentos. A menor eficiência respiratória foi registrada para o T.06 ($19,58 \mu\text{LO}_2\text{g}^{-1}\text{min}^{-1}$) e T.05 ($23,11 \mu\text{LO}_2\text{g}^{-1}\text{min}^{-1}$). Os tratamentos T.07 ($51,25 \mu\text{LO}_2\text{g}^{-1}\text{min}^{-1}$) e T.03 ($46,81 \mu\text{LO}_2\text{g}^{-1}\text{min}^{-1}$) foram estatisticamente iguais e superaram os outros submetidos a estresses, enquanto o T.08 ($39,30 \mu\text{LO}_2\text{g}^{-1}\text{min}^{-1}$) foi superior aos T.04 ($32,55 \mu\text{LO}_2\text{g}^{-1}\text{min}^{-1}$), T.05 e T.06.

Os estresses térmicos aplicados foram os responsáveis por reduções bastante drásticas na respiração ou no consumo de oxigênio, que variaram, em relação ao tratamento de maior eficiência respiratória (T.01), de 3,2 % (T.02) a 67,2 % (T.06). De forma genérica, as diferenças foram sempre mais acentuadas quando os tratamentos controle foram correlacionados com aqueles em que as sementes ficaram mais tempo expostas aos estresses térmicos. Pammenter et al. (1997) observaram que o tempo de armazenamento afetou, de modo considerável, a respiração de sementes de *Avicennia marina*, pois para algumas condições experimentais foram registradas reduções no consumo de oxigênio superiores a 50 %.

Com base nos resultados de respiração ilustrados na Fig. 1, pode-se afirmar que as sementes dos tratamentos controles aproveitaram de modo mais eficiente a energia produzida a partir da oxidação das substâncias orgânicas no sistema celular das sementes de cupuaçuzeiro. Nesses tratamentos, as maiores quantidades de oxigênio utilizadas nos testes respiratórios são indicativos que permitem estimar a qualidade fisiológica, por isso apresentaram as maiores porcentagens de emergência (Tabela 1).

Segundo Woodstock et al. (1984) e Ferguson et al. (1990), a taxa respiratória mitocondrial de sementes de soja foi baixa devido à perda de vigor das sementes, fato este que, certamente, aconteceu com as sementes de cupuaçuzeiro submetidas às condições estressantes empregadas neste estudo. Santos (1985), estudando a germinação de sementes de beterraba (*Beta vulgaris* L. cv. Kawemegamono), observou que a redução da porcentagem de germinação foi acompanhada pela menor porcentagem de respiração. Resultados semelhantes foram obtidos por Pesis & Ng (1986), quando trabalharam com sementes de melão, com e sem o tegumento.

Na Fig. 2 está representado o progresso da respiração, avaliada a cada 15 minutos, até o período máximo de uma hora.

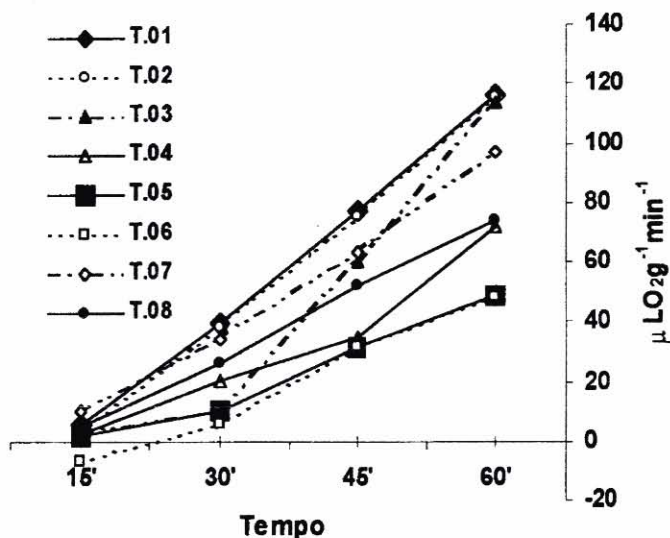


FIG. 2. Consumo médio de oxigênio, durante o progresso do teste de respiração de sementes de cupuaçuzeiro, submetidas previamente a estresses.

Segundo os resultados expressos na Fig. 2, pode-se observar que, nos primeiros 15 minutos de avaliação, com pico máximo de $10,31 \mu\text{LO}_2\text{g}^{-1}\text{min}^{-1}$ (T.07), as sementes de cupuaçuzeiro passaram por um período de baixa intensidade respiratória, tendo sido negativa no tratamento T.06 ($-6,84 \mu\text{LO}_2\text{g}^{-1}\text{min}^{-1}$), o mais afetado pelas condições estressantes.

De modo geral, a respiração aumentou com o período de duração do teste e, aos 60 minutos, os valores extremos foram de $48,31 \mu\text{LO}_2\text{g}^{-1}\text{min}^{-1}$ (T.06) e $116,02 \mu\text{LO}_2\text{g}^{-1}\text{min}^{-1}$ (T.01). Esses resultados corroboram com os obtidos por Figueirêdo et al. 1998, quando realizaram estudos com vistas à padronização do teste de respiração, pelo método de Warburg, para sementes de cupuaçuzeiro.

A Fig. 3 ilustra a comparação entre os valores médios de respiração no decorrer do teste. Observou-se que a atividade respiratória aumentou à medida que foi prolongada a avaliação, até o máximo de 60 minutos, fato este que estabeleceu diferenças estatísticas entre os diversos períodos em competição. O consumo médio de oxigênio foi de $3,03 \mu\text{LO}_2\text{g}^{-1}\text{min}^{-1}$ (15'); $23,18 \mu\text{LO}_2\text{g}^{-1}\text{min}^{-1}$ (30'); $53,20 \mu\text{LO}_2\text{g}^{-1}\text{min}^{-1}$ e de $85,64 \mu\text{LO}_2\text{g}^{-1}\text{min}^{-1}$.

O consumo de O_2 aumentou expressivamente com o tempo de exposição das sementes ao respirômetro, fato responsável por acréscimos que variaram, em relação à primeira avaliação (15'), de 765 % (30') a 2.826 % (60').

Os resultados de respiração observados ao final de 60 minutos estão de acordo com os obtidos por Figueirêdo et al. 1998.

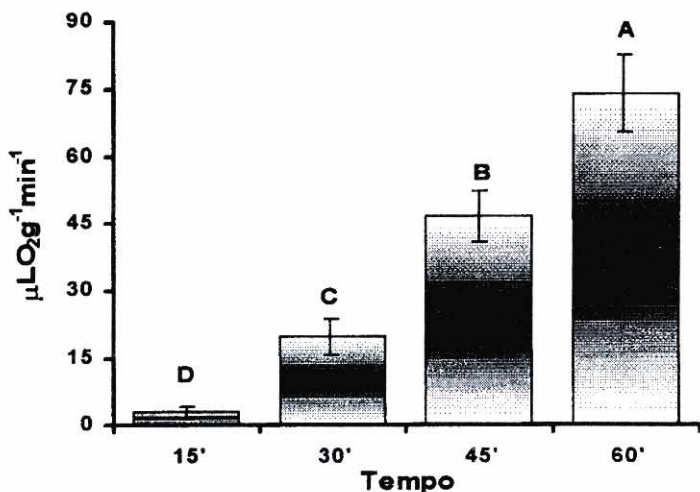


FIG. 3. Consumo médio de oxigênio, durante o curso do teste de respiração de sementes de cupuacuzeiro previamente submetidas a estresses, a comparação de médias (letras diversas expressam diferenças entre os tratamentos) pelo teste de Tukey, a 5%, e o erro padrão da média (I).

CONCLUSÕES

a) Os tratamentos controle (T.01 e T.02) apresentam as menores taxas de absorção de água, após 24 horas de embebição, a 35 C, e os maiores valores médios de consumo de oxigênio;

b) O estresse térmico provoca alteração no comportamento fisiológico das sementes de cupuacuzeiro e, o mais drástico, foi o determinado pelo tratamento T.06 ($16^{\circ} \pm 2^{\circ} \text{C}$ e $65 \pm 2\%$ de UR, 480 horas), que absorveu a maior porcentagem de água e consumiu a menor quantidade de oxigênio no decorrer do teste respiratório;

c) o consumo de oxigênio aumenta progressivamente à medida que foi prolongado o teste de respiração.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE, A.C.S. de; VENTURI, S.; PAULILO, T.S. Efeito do tamanho das sementes de *Euterpe edulis* Mart. sobre a emergência e crescimento inicial. **Revista Brasileira de Sementes**, v.18, n.2, p.225-231, 1996.
- ATTRIDGE, T.H. Seedling development. In: E. ARNOLD, ed. **Light and plant responses: a study of plant photophysiology and natural environment**. New York, 1990. p.65-113.
- CALZAVARA, B.B.G., MÜLLER, C.H.; KAHWAGE, O. de N. da C. **Fruticultura tropical: o cupuaçuzeiro; cultivo, beneficiamento e utilização do fruto**. Belém: Embrapa-CPATU, 1984. 101p. (Embrapa-CPATU, Documentos, 32).
- CAVALCANTE, A. da S.L.; COSTA, J.G. da. Situação atual e perspectivas da cultura do cupuaçuzeiro no estado do Acre, Amazônia Ocidental Brasileira. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE PIMENTA-DO-REINO E CUPUAÇU, 1, 1996. Belém, PA. **Anais...** Belém: Embrapa Amazônia Oriental/JICA, 1997. p.119-124. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 89)
- CRISPIM, J.E.; MARTINS, J.C.; PIRES, J.C.; ROSOLEM, C.A.; CAVARIANI, C. Determinação da taxa de respiração de sementes de soja pelo método da titulação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.9, n.10, p.1517-1521, 1994.
- FERGUSON, J.M.; TEKRONY, D.D.; EGLI, D.B. Changes during early soybean seed and axes deterioration: I. Seed quality and mitochondrial respiration. **Crop Science**, v.30, p.175-179, 1990.

- FIGUEIRÊDO, F.J.C.; CARVALHO, C.J.R. de; ROCHA NETO, O.G. da. **Respiração de sementes de cupuaçuzeiro**. Belém: Embrapa-CPATU, 1998. 22p. (Embrapa-CPATU. Boletim de Pesquisa, 188), no prelo.
- GARWOOD, N.C.; LIGHTON, J.R.B. Physiological ecology of seed respiration in some tropical species. **New Phytologist**, v.115, n.3, p.549-558, 1990.
- GASPAROTTO, L.; ARAÚJO, R. da C.; SILVA, S.E.L. da. Cupuaçuzeiro em sistemas agroflorestais - programa SHIFT. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE PIMENTA-DO-REINO E CUPUAÇU, 1, 1996. Belém, PA. **Anais...** Belém: Embrapa Amazônia Oriental/JICA, 1997. p.103-108. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 89).
- JOHNSTON, B.M.; FERNANDEZ, H. G. Effect of the seed coat on germination of *Atriplex repanda*. II. Determination of respiratory activity. **Phyton**, v.36, n.2, p.103-109, 1978.
- LEADEM, C.L.; EDWARDS, D.G.W. Respiration of tree seeds. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM OF IUFRO PROJECT GROUP P2.04-00 (SEEDS PROBLEMS), 1991. **Proceedings...** Victoria, British Columbia, Canada: Pacific Forestry Centre, 1993. p.57-66.
- MADDEN, R.F.; BURRIS, J.S. Respiration and mitochondrial characteristics of imbibing maize embryos damaged by high temperatures during desiccation. **Crop Science**, v.35, p.1661-1667, 1995.
- MAYER, A.M. Metabolic control of germination. In: KHAN, A.A., ed. **The physiology and biochemistry of seed dormancy and germinations**. New York, North-Holland Publishing Company, 1980. p.357-384.
- MOTA, P.P.C. da. **Cultura do cupuaçuzeiro: informações básicas**. Belém: CEPLAC/CORAM/COREX, 1990. 18p. (CEPLAC. Cadernos de Extensão Rural da Amazônia, 6).

- NOGUEIRA, O.L.; CONTO, A.J. do; CALZAVARA, B.B.G.; TEIXEIRA, L.B.; KATO, O. R.; OLIVEIRA, R.F. de. **Recomendações para o cultivo de espécies perenes em sistemas consorciados**. Belém: Embrapa-CPATU, 1991. (Embrapa-CPATU. Documentos, 56).
- NORMAH, M.N.; CHIN, H.F. Changes in germination, respiration rate and leachate conductivity during storage of *Hevea* seeds. **Pertanika**, v.14, n.1, p.1-6, 1991.
- PAMMENTER, N.W.; MOTETE, N.; BERJAK, P. The response of hydrated recalcitrant seeds to long-term storage. In: ELLIS, R.H., BLACK, M., MURDOCH, A.J.; HONG, T.D., ed. **Basic and applied aspects of seed biology**. London: Kluwer Academic Publishers, 1997. p.673-687.
- PEHAP, A.; HENRIKSSON, G.; SAHLEN, K. Respiration of individual, germinating spruce seeds: some investigations and measurement with the Warburg direct method. **Rapport Institutionen for Skogsskotsel**, n.21, 1987. 40p.
- PERL, M. Biochemical aspects of the maturation and germination seeds. In: MATTHEWS, S., ed. **Advances in research and technology of seeds**. Wageningen: Purdoc, 1987. Part.10, p.1-27.
- PESIS, E.; NG, T.J. The effect of seed coat removal on germination and respirations of muskmelon seeds. **Seed Science and Technology**, v.1, n.14, p.117-125, 1986.
- POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente**. Brasília: AGIPLAN, 1985. 289p.
- RIBEIRO, G.D. Situação atual e perspectivas da cultura do cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*, Schum.) no estado de Rondônia, Brasil. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE PIMENTA-DO-REINO E CUPUAÇU, 1., 1996. Belém, PA. **Anais...** Belém: Embrapa Amazônia Oriental/JICA, 1997. p.109-118. (Embrapa Amazônia Oriental, Documentos, 89).

- SANTOS, D.S.B. dos. **Germinação de sementes de *Beta vulgaris* L. cv. Kawemegamono**. Campinas: Instituto de Biologia da Universidade Estadual de Campinas, 1985. 166p. Tese de Doutorado.
- SOUZA, F.H.D. de; MARCOS-FILHO, J.; NOGUEIRA, M.C. S. Características físicas das sementes de *Calopogonium mucunoides* Desv. associadas à qualidade fisiológica e ao padrão de absorção de água. I. Tamanho. **Revista Brasileira de Sementes**, v.18, n.1, p.33-40, 1996.
- UMBREIT, W.W.; BURRIS, R.H.; STAUFFER, J. F. **Manometric and biochemical techniques**. 5ª ed. Minneapolis: Burgess, 1972. 385p.
- WANG, C.L.; SHAO, B.B. A preliminary study of seed dormancy and germination of *Cinnamomun camphora*. **Plant Physiology Communications**, n.1, p.29-30, 1984.
- WOODSTOCK, L.W.; FURMAN, K.; SOLOMOS, T. Changes in respiratory metabolism during in seeds and isolated axes of soybean. **Plant Cell Physiology**, v.25, p.15-26, 1984.
- WOODSTOCK, L.W. Seed imbibition: a critical period for successful germination. **Journal of Seed Technology**, v.12, p.1-15, 1988.



Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Ministério da Agricultura e do Abastecimento
Centro de Pesquisa Agroflorestal da Amazônia Oriental
Trav. Dr. Enéas Pinheiro s/n, Caixa Postal 48,
Fax (091) 226-9845 CEP 66017-970
e-mail: cpatu@cpatu.embrapa.br

