

RAFAEL FONSÊCA ZANOTTI

GERMINAÇÃO E ALTERAÇÕES FISIOLÓGICAS E
BIOQUÍMICAS EM SEMENTES DE MAMÃO TRATADAS COM
FITORREGULADORES

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Viçosa,
como parte das exigências do
Programa de Pós-Graduação
em Fisiologia Vegetal, para
obtenção do título de *Magister
Scientiae*

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2011

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

Z33g
2011

Zanotti, Rafael Fonsêca, 1987-

Germinação e alterações fisiológicas e bioquímicas em sementes de mamão tratadas com fitorreguladores / Rafael Fonsêca Zanotti. – Viçosa, MG, 2011.
vi, 62f. : il. (algumas col.) ; 29cm.

Orientador: Denise Cunha Fernandes dos Santos Dias.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.
Inclui bibliografia.

1. *Carica papaya*. 2. Mamão - Sementes - Dormência.
3. Sementes - Testes. 4. Germinação. 5. Compostos orgânicos. 6. Carboidratos. 7. Proteínas. 8. Lipídios.
I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

CDD 22. ed. 634.65

RAFAEL FONSÊCA ZANOTTI

GERMINAÇÃO E ALTERAÇÕES FISIOLÓGICAS E
BIOQUÍMICAS EM SEMENTES DE MAMÃO TRATADAS COM
FITORREGULADORES

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Viçosa,
como parte das exigências do
Programa de Pós-Graduação
em Fisiologia Vegetal, para
obtenção do título de *Magister
Scientiae*

APROVADA: 10 de agosto de 2011

Prof. Eduardo Euclides de Lima e Borges

Prof. Raimundo Santos Barros
(co-orientador)

Prof^ª. Denise Cunha F. dos Santos Dias
(orientadora)

Ofereço

aos meus pais, Adalgisa e Dalton, que me deram uma infância maravilhosa, mostraram-me o verdadeiro poder do estudo e em quem me espelho para o resto da minha vida.

Dedico

à minha irmã Tamires e às minhas avós Maria Helena e Terezinha, grandes exemplos de pessoas.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	v
ABSTRACT	vi
1. INTRODUÇÃO GERAL.....	1
2. REFERÊNCIAS	4
I. GERMINAÇÃO E ALTERAÇÕES BIOQUÍMICAS EM SEMENTES DE MAMÃO DO GRUPO “FORMOSA” APÓS TRATAMENTOS COM PROMOTORES DE CRESCIMENTO	7
1. INTRODUÇÃO.....	8
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	11
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	17
4. CONCLUSÕES.....	29
5. REFERÊNCIAS	30
II. GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE MAMÃO DO GRUPO “SOLO” APÓS TRATAMENTOS COM PROMOTORES DE CRESCIMENTO	40
1. INTRODUÇÃO.....	41
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	43
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	47
4. CONCLUSÕES.....	54
5. REFERÊNCIAS	55
CONCLUSÕES GERAIS	62

RESUMO

ZANOTTI, Rafael Fonsêca, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, agosto de 2011. **Germinação e alterações fisiológicas e bioquímicas em sementes de mamão tratadas com fitoreguladores**. Orientadora: Denise Cunha Fernandes dos Santos Dias. Co-orientador: Raimundo Santos Barros

Os objetivos do trabalho foram: i) avaliar os efeitos dos reguladores de crescimento nitrato de potássio (KNO_3), ácido 2-cloroetilfosfônico (CEPA) e ácido giberélico (GA_3) na germinação das sementes de mamão dos grupos “Formosa” e “Solo”; ii) avaliar os efeitos daqueles reguladores de crescimento na composição de amido, açúcares solúveis, lipídios, proteínas solúveis e proteínas totais em sementes do grupo “Formosa”, em sementes extraídas de frutos nos estádios de maturação 3 e 5, correspondendo a 50% e 75% da superfície exterior amarela, respectivamente. As sementes-controle do grupo “Formosa” obtidas no estágio 5 apresentaram maior germinação aos 30 dias após a semeadura. O CEPA promoveu redução na germinação de sementes de mamão. Os efeitos do CEPA foram revertidos pelo nitrato de potássio. Em geral, todos os reguladores de crescimento testados foram eficientes na superação da dormência, com exceção do CEPA quando isolado. O nitrato de potássio mostrou-se o composto mais eficiente na superação da dormência das sementes de mamão. O CEPA provocou redução na mobilização do amido. O GA_3 , isoladamente, e em associação com o nitrato de potássio, estimulou uma maior mobilização de lipídios, enquanto as sementes do estágio 3 de maturação apresentaram aumento da germinação, quando tratadas com todos os reguladores de crescimento testados. O nitrato de potássio promoveu em efeito negativo sobre a germinação e no índice de velocidade de germinação, principalmente nas sementes no estágio 5. Os reguladores de crescimento não aumentaram a porcentagem de plântulas normais das sementes de mamão do grupo “Solo”. O CEPA $5 \times 10^{-4} M$ e o GA_3 isolados foram responsáveis pelo aumento do número de plântulas normais, aos 14 dias após a semeadura de sementes no estágio 3.

ABSTRACT

ZANOTTI, Rafael Fonsêca, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, August of 2011. **Germination and physiological and biochemical changes in papaya seeds treated with plant hormones.** Advisor: Denise Cunha Fernandes dos Santos Dias. Co- advisor: Raimundo Santos Barros

The aim of this study was to evaluate: i) the effects of growth regulators and potassium nitrate (KNO_3), 2-cloroetilfosfônico acid (CEPA) and gibberellic acid (GA_3) on seed germination of papaya groups of "Formosa" and "Solo" ii) the effects of these growth regulators in the composition of starch, soluble sugars, lipids, soluble proteins and total protein in seeds of the "Formosa" extracted from fruits at maturation stages 3 and 5, corresponding to 50% and 75% of the outer surface yellow, respectively. The seed-control group "Formosa" in stage 5 had higher germination at 30 days after sowing. CEPA promoted reduction in the germination of papaya seeds. The effects of CEPA were reversed by potassium nitrate. In general, all growth regulators tested were effective in overcoming dormancy, with the exception of CEPA isolated. Potassium nitrate was the compound more efficient in overcoming dormancy of seeds of papaya. CEPA caused a reduction in the mobilization of starch. The GA_3 , alone and in combination with potassium nitrate, stimulated the mobilization of lipids, while the seeds of the third stage of maturity had higher germination when treated with all growth regulators tested. Potassium nitrate promoted a negative effect on germination and germination speed index, especially in seeds at stage 5. The growth regulators did not increase the percentage of normal seedlings of papaya seeds in the group "Solo". CEPA and $5 \times 10^{-4} \text{M}$ GA_3 alone were responsible for the increase in the number of normal seedlings at 14 days after sowing of seeds in stage 3.

1. INTRODUÇÃO GERAL

O mamoeiro, *Carica papaya* L., é uma dicotiledônea que apresenta flores masculinas, femininas e hermafroditas (em ambientes naturais, as plantas de mamão são dióicas), sendo em cultivos comerciais preferencialmente monóicas (Arumuganathan e Earle, 1991; Cruz Medina et al. 2002, Kim et al. 2002). Trata-se de uma frutífera de grande importância econômica, com grande aceitação nos mercados nacional e internacional, sendo a produção concentrada nos trópicos (Lyra et al., 2007). O Brasil é o maior produtor dos frutos de mamão no mundo, com produção em 2009 de 18 milhões de toneladas e movimentação de 1,34 bilhões de reais (Ibraf, 2011; Agriannual, 2011).

O fruto é consumido preferencialmente fresco, mas também é utilizado na indústria alimentícia, farmacêutica e de ração animal. Do látex do fruto verde é extraída a papaína, enzima proteolítica, utilizada nos mais variados fins nas indústrias têxteis, farmacêuticas, de alimentos e de cosméticos (Sebrae, 2011).

Os grupos “Formosa” e “Solo” compõem as cultivares de mamoeiro mais exploradas no Brasil. Os frutos do grupo “Solo” apresentam menor tamanho e alta taxa de endogamia. As sementes do grupo “Solo” têm um maior potencial na utilização em cruzamentos e são mais utilizadas no melhoramento genético e lançamento de novas cultivares, no Brasil. Trata-se do grupo mais comercializado no país, com maior escoamento da produção para o mercado externo (Costa et al., 2005; Serrano e Cattaneo, 2010). Os frutos do grupo ‘Formosa’ também são muito aceitos pelos consumidores, devido à qualidade de sua polpa (Teixeira et al., 2001) além de terem alta produtividade (FERREGUETTI, 2003)

As sementes de mamão apresentam germinação irregular e desuniforme (Ellis et al., 1991; Tokuhisa et al., 2007; Lopes e Souza, 2008), o que tem sido atribuído à dormência fisiológica. Para a superação da dormência das sementes têm sido utilizados ácido giberélico (GA_3), nitrato de potássio (KNO_3), hipoclorito de sódio ($NaOCl$), lavagem das sementes em

água corrente, resfriamento a 10°C, por 14 dias, e aquecimento a 41°C, por 36 h (Tokuhisa et al, 2007; Lopes et al., 2009).

O processo de germinação pode sofrer influência de fatores ambientais tais como luminosidade e temperatura, que modificam a sensibilidade ou a produção de hormônios como ABA e GAs (Bewley, 1997). Também é influenciado por reguladores de crescimento, destacando-se: giberelinas (GAs), citocininas, etileno, ácido absísico (ABA) e nitrato de potássio (KNO₃) (Bewley, 1997; Zhou et al., 1998; Ramaih et al., 2003, Riefler et al., 2005; Chandra et al., 2007; Tokuhisa et al., 2007; Carrera et al., 2008; Holdsworth et al., 2008). As GAs controlam vários aspectos do desenvolvimento das plantas, incluindo-se a germinação e desenvolvimento das plântulas, além de estarem envolvidas na superação da dormência de várias espécies (Bewley e Black, 1994; Davies, 1995). Contribuem ainda para o aumento da velocidade de germinação, vigor e superação na dormência das sementes de mamão (Leonel et al., 1999; Tokuhisa et al., 2007; Lopes et al., 2009).

As GAs também são importantes para estimular a protrusão da radícula, acelerar a germinação por meio do enfraquecimento dos tecidos em torno do embrião, além de atuar no controle da hidrólise dos tecidos de reserva para o fornecimento de energia ao embrião (Groot e Karssen, 1987; Metivier, 1979, Metivier, 1986).

O etileno age na transição da dormência para a germinação ou atua durante o processo de germinação pelo enfraquecimento e a ruptura da parede celular das sementes, inibindo a ação do ABA e, conseqüentemente, promovendo a germinação (Beaudoin et al., 2000; Linkies et al., 2009). Em sementes dormentes de alface “Grand Rapids”, propõe-se que o crescimento do embrião é facilitado pelo etileno, por causa da expansão celular do hipocótilo (Abeles, 1986).

O nitrato é a maior fonte de nitrogênio de várias espécies, sendo importante na produção de aminoácidos e compostos nitrogenados. Além de ser um nutriente, atua como uma molécula sinalizadora e, independentemente de sua assimilação, controla diversos aspectos do metabolismo e desenvolvimento das plantas (Scheible et al., 1997). Um destes aspectos é a promoção da germinação de sementes de várias

espécies (Brasil, 2009). Segundo Hilhorst e Karssen (1988) e Alboresi et al. (2005), a promoção da germinação, possivelmente, está relacionada à biossíntese e/ou o aumento da sensibilidade às GAs.

O efeito específico do nitrato na germinação de sementes, até o momento, não foi totalmente esclarecido (Alboresi et al., 2005). Porém, Roberts (1964) propôs que o nitrato atua na oxidação nas vias das pentoses fosfatadas, servindo como oxidante de NADPH para NADP^+ e mobilizando carbonos para a produção de compostos daquela via. O acúmulo de nitrato auxilia na superação da dormência das sementes por meio de mudanças nos compostos de reservas, e isso deve ser avaliado mais detalhadamente estudando-se compostos como açúcares, amido, aminoácidos e ácidos graxos (Alboresi et al., 2005).

A aplicação de nitrato tem promovido a germinação em *Arabidopsis thaliana* pela eliminação do requerimento de luz das sementes e diminuição dos níveis de ABA nas sementes embebidas (Batak et al., 2002 ; Ali-Rachedi et al., 2004). Sementes de mamão do grupo “Formosa” também apresentaram aumento significativo na porcentagem e na velocidade de germinação após imersão, durante 60 minutos, em solução de KNO_3 1M (Tokuhisa et al., 2007).

O estágio de maturação do fruto é outro fator que influencia a germinação das sementes, pelo fato de afetar a sensibilidade diferenciada aos reguladores de crescimento (Trewavas, 1982; Firn, 1986). De acordo com Carvalho e Nakagawa (2000), a obtenção de sementes com alta capacidade de germinação está relacionada com o estágio de desenvolvimento do fruto e/ou da semente. Em sementes de mamão, sabe-se que o estágio de maturação do fruto influencia a germinação assim como a velocidade de germinação (Aroucha et al., 2005; Aroucha et al. 2007; Lopes et al., 2009). No entanto, existem poucos trabalhos que avaliam a germinação e o uso de reguladores de crescimentos em sementes oriundas de frutos em diferentes estádios de maturação.

Os objetivos desse trabalho foram avaliar os efeitos dos reguladores de crescimento na germinação e sobre os compostos de reserva de sementes de mamão dos grupos “Formosa” e “Solo”, obtidas de frutos em dois diferentes estádios de maturação.

2.REFERÊNCIAS

AGRIANUAL : ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA. Gazeta: Santa Cruz do Sul, RS. 2011, 128 p.

ALBORESI A, GESTIN C, LEYDECKER M-T, BEDU M, MEYER C, TRUONG H-N (2005) Nitrate, a signal relieving seed dormancy in *Arabidopsis*. *Plant Cell and Environment* **28**: 500-512

AROUCHA EMM, SILVA RF, BALBINOT E, NUNES GHS (2007) Qualidade fisiológica de sementes de mamão após o armazenamento dos frutos e de sementes. *Revista Caatinga* **20**:136-143

AROUCHA EMM, SILVA RF, OLIVEIRA JG, VIANA AP, GONZAGA MP (2005) Época de colheita e período de repouso dos frutos de mamão (*Carica papaya* L.) cv. Golden na qualidade fisiológica das sementes. *Ciência Rural* **35**:537-543

BEAUDOIN N, SERIZET C, GOSTI F, GIRAUDAT J (2000) Interactions between abscisic acid and ethylene signaling cascades. *Plant Cell* **12**:1103-1115

BEWLEY JD; BLACK M (1994) *Seeds, physiology and germination*. 2nd ed. Plenum Press, New York. 445 p.

BEWLEY JD (1997) Seed germination and dormancy. *Plant Cell* **9**:1055–1066

CARVALHO NM, NAKAGAWA J (2000) *Sementes: ciência, tecnologia e produção*. Jaboticabal:FUNEP, 588 p.

CHANDRA A, ANAND A, DUBEY A (2007) Effect of salicylic acid on morphological and biochemical attributes in cowpea. *Journal of Environmental Biology* **28**: 193-196

DAVIES PJ (1995) *Plant Hormones: Physiology, biochemistry and molecular biology*. (Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers), 836 p.

EGLI DB (1998) *Seed biology and the yield of grain crops*. New York: CAB International. p. 178

FERREGUETTI GA (2003) Caliman 01- O primeiro híbrido de mamão Formosa brasileiro. In: MARTINS DS(Org.) *Papaya Brasil: qualidade do mamão para o mercado interno*. Vitória: INCAPER 211-21

GROOT SPC, KARSSSEN CM (1987) Gibberellins regulate seed germination in tomato by endosperm weakening: A study with gibberellin-deficient mutants. *Planta* **171**: 525–531

IBRAF (2011) Disponível em <<http://www.ibraf.org.br> > Acesso em 01 de Julho de 2011

KEPCZYNSKI J, KEPCZYNSKA E (1997) Ethylene in seed dormancy and germination. *Physiologia Plantarum* **101**:720–726

LEONEL S, ONO EO, RODRIGUES JD (1999) Influência da alternância de temperatura e tratamentos com GA₃, na germinação de sementes de mamoeiro. *Semina* **1**:68-72

LOPES AWP, SELEGUINI A, BOLIANI AC, CÔRREA LS (2009). Estádio de maturação do fruto e uso do ácido giberélico na germinação de sementes de mamoeiro. *Pesquisa Agropecuária Tropical* **4**: 278-284

METIVIER JR (1979) Dormência e germinação. In: FERRI MG. *Fisiologia vegetal*. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, v. 2. p. 343-392

METIVIER JR (1986) Citocininas e giberelinas. In: FERRI, M. G. Fisiologia vegetal. 2ed. São Paulo: EDUSP, v.2, p.93-162

RIEFLER M, NOVAK O, STRNAD M, SCHMÜLLING T (2006) Arabidopsis cytokinin receptor mutants reveal functions in shoot growth, leaf senescence, seed size, germination, root development, and cytokinin metabolism. *Plant Cell* **18**: 40-54

SALISBURY, F.B.; ROSS, C.W. *Plant physiology*. Belmont: Wadsworth Publishing, 1992. 682 p

SCHEIBLE WR, GONZALEZ-FONTES A, LAUERER M, MULLER-ROBER B, CABOCHE M, STITT M (1997) Nitrate acts as a signal to induce organic acid metabolism and repress starch metabolism in tobacco. *Plant Cell* **9**:783–798

SEBRAE (2011) Disponível em <<http://www.sebrae.com.br>>. Acesso em 01 de Julho de 2011

TEIXEIRA GHA, DURIGAN JF, MATTIUZ BH, ROSSI JÚNIOR OD (2001) Processamento mínimo de mamão 'Formosa'. *Ciência e Tecnologia de Alimentos* **21**:47-50

TOKUHISA D, DIAS DCFS, ALVARENGA EM, DIAS LAS, MARIN SLD (2007) Tratamentos para superação da dormência em sementes de mamão. *Revista Brasileira de Sementes* **29**:131-139

I. GERMINAÇÃO E ALTERAÇÕES BIOQUÍMICAS EM SEMENTES DE MAMÃO DO GRUPO “FORMOSA” TRATADAS COM FITORREGULADORES

RESUMO: O objetivo deste trabalho foi investigar o efeito de reguladores de crescimento na germinação e na composição de amido, açúcares solúveis, lipídios, proteínas solúveis e totais em sementes de *Carica papaya* L. do grupo “Formosa”, extraídas de frutos nos estádios de maturação 3 e 5, correspondendo a 50% e 75% da superfície exterior amarela, respectivamente). As sementes-controle obtidas no estágio 5 apresentaram maior germinação aos 30 dias após a semeadura. O ácido 2-cloroetilfosfônico (CEPA) promoveu redução na germinação das sementes. A redução da germinação que ocorreu nos tratamentos com CEPA foi revertida com o nitrato de potássio. Em geral, todos os reguladores de crescimento testados foram eficientes na superação da dormência, com exceção do CEPA isoladamente. O nitrato de potássio mostrou-se o composto mais eficiente para aumentar a germinação. O CEPA provocou diminuição na mobilização do amido. O GA₃, isoladamente e em associação com o nitrato de potássio, estimulou maior mobilização de lipídios.

Palavras-chave: CEPA, Compostos de reserva, germinação, giberelina, Nitrato de potássio,

1. INTRODUÇÃO

O mamão é uma dicotiledônea da família Caricaceae e pode apresentar flores masculinas, femininas ou hermafroditas (Arumuganathan e Earle, 1991). Até recentemente, foram catalogadas 31 espécies distribuídas em quatro gêneros da família, sendo três na América e um na África equatorial (Nakasone e Paull, 1998). A espécie *Carica papaya* L. é a única representante conhecida do gênero *Carica* (Badillo, 2002).

A germinação das sementes de mamão é lenta e desuniforme (Ellis et al., 1991; Lopes e Souza, 2008), o que tem sido atribuído à dormência fisiológica. Alguns autores mencionam que as sementes apresentam compostos inibidores da germinação (Viggiano et al., 2000; Tokuhisa et al., 2007a), principalmente na sarcotesta (Lange, 1961; Gherardi e Valio, 1976; Schmildt et al., 1993; Tokuhisa et al., 2007b).

A dormência pode ser definida como a incapacidade de sementes viáveis, mesmo que sob condições favoráveis, germinarem (Finch-Savage e Leubner-Metzger, 2006). A dormência é um mecanismo de adaptação das sementes contra variações no ambiente que impedem ou dificultam as reações metabólicas normais durante o processo de desenvolvimento da semente. A retomada do crescimento do embrião só é restabelecida após a ação de um estímulo ambiental específico (Marcos Filho, 2005).

Vários fatores estão envolvidos na regulação da dormência das sementes, dentre eles os hormônios, como o ácido abscísico (ABA), as giberelinas (GAs), etileno, citocininas e ácido salicílico (Bewley, 1997; Zhou et al., 1998; Ramaih et al., 2003; Riefler et al., 2005; Chandra et al., 2007; Carrera et al., 2008; Holdsworth et al., 2008). Além desses, há também fatores ambientais tais como luminosidade e temperatura, que modificam a sensibilidade ou a produção de hormônios como ABA e GAs (Bewley, 1997).

As duas maiores forças antagônicas que atuam na germinação de sementes são o potencial de crescimento do embrião e a resistência mecânica tegumentar. Para completar a germinação, o potencial de crescimento da radícula tem que superar a resistência dos tecidos que revestem a micrópila. Essa situação, muitas vezes, é regulada por sinais hormonais (Kucera et al., 2005; Rodríguez-Gacio e Matilla, 2009).

Sabe-se que as giberelinas atuam de forma antagônica ao ABA durante a germinação das sementes, agindo sobre o potencial de crescimento do embrião e na superação das restrições impostas pelos tecidos adjacentes ao embrião (Kucera et al., 2005) e consumo de reservas da parede celular do endosperma (Bewley, 1997; Müller et al., 2006). As GAs promovem o enfraquecimento da parede celular das células do endosperma de plantas de *Arabidopsis*, Brassicaceae, *Lepidium* e *Sisymbrium officinale* (Müller et al., 2006).

Com relação à ação do etileno na transição da dormência para a germinação ou sua atuação durante o processo de germinação, as informações são abundantes (Ghassemian et al., 2000; Matila, 2000 ; Chiwocha et al., 2005; Ribeiro e Barros, 2006; Linkies et al., 2009). A complexidade das respostas hormonais e suas sobreposições de funções suportam a existência de uma intensiva intercomunicação entre as vias de sinalização dos hormônios (Razem et al., 2006). Intercomunicação entre o etileno e as giberelinas aparentemente ocorrem em sementes de *Arabidopsis* (Grauwe et al., 2008).

Em algumas espécies de plantas, o nitrato tem atuado como um promotor da germinação, possivelmente associado à biossíntese de giberelinas (Hilhorst e Karssen, 1988). O efeito é independente da redução do nitrato em óxido nítrico, sugerindo a possibilidade desse composto atuar como um sinalizador (Hilhorst e Karssen, 1989). A aplicação de nitrato tem promovido a germinação em *Arabidopsis thaliana* pela eliminação do requerimento de luz pelas sementes (Batak et al., 2002), e em sementes daquela espécie pelo efeito da diminuição dos níveis de ABA nas sementes embebidas (Ali-Rachedi et al., 2004). Diferentes mutantes de *Arabidopsis* apresentaram maior germinação após tratamentos com nitrato de potássio (KNO₃), na faixa de 0,1 a 10 mM (Alboresi et al., 2005). Sementes de mamão do grupo “Formosa” também apresentaram aumento significativo na germinação após a sua imersão, durante 60 mins, em solução de KNO₃ 1 M (Tokuhisa et al., 2007b).

O acúmulo de nitrato auxilia na superação da dormência das sementes por meio de mudanças nos compostos de reservas, e isso deve ser avaliado mais detalhadamente, analisando-se alterações nos teores de

compostos como açúcares, amido, aminoácidos e ácidos graxos (Alboresi et al., 2005). Além disso, esses autores sustentam a hipótese de que o acúmulo de nitrato em sementes está relacionado com o menor requerimento das GAs para a germinação.

O nitrato poderia agir em conjunto com a rota da sinalização das GAs, permitindo o crescimento do embrião (Karssen e Laçka, 1986). Além disso, postula-se que, além de o nitrato agir na diminuição do requerimento das GAs, poderia também estar relacionado com a alteração da sensibilidade dos tecidos à GA ou inibição da síntese e sinalização do ABA (Alboresi et al., 2005).

O efeito do nitrato pode estar relacionado ainda à via das pentoses fosfatadas, servindo como oxidante de NADPH para NADP^+ e mobilizando carbonos para a produção de compostos dessa via, como ácidos nucleicos (ribose), parede celular (xilulose) e rota dos ácidos xiquímicos (eritrose) (Roberts, 1964 a, b). Além disso, o nitrato pode estar relacionado com a produção de espécies reativas de oxigênio (ERO) (Wilson et al., 2008), principalmente pela inibição das enzimas superóxido dismutase (Viktorova et al., 2010) e catalase (Barceló et al., 2002). Isso pode desencadear a superação da dormência de sementes em algumas espécies como, por exemplo, o girassol que acumula ERO no eixo embrionário (Oracz et al., 2007).

O presente trabalho objetivou investigar os efeitos do ácido 2-cloroetilfosfônico (CEPA), ácido giberélico (GA_3) e nitrato de potássio sobre a germinação e a mobilização de reservas das sementes de mamão grupo “Formosa” obtidas de frutos em dois diferentes estádios de maturação.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido nos laboratórios de Sementes, do Departamento de Fitotecnia e de Nutrição e Metabolismo, do Departamento de Biologia Vegetal da Universidade Federal de Viçosa, utilizando-se de sementes de mamão (*Carica papaya* L.) do grupo Formosa. As sementes foram obtidas de frutos hermafroditas colhidos nos estádios de maturação 3 (“de vez”, 50 % da superfície externa amarela) e 5 (maduro, mais que 75% da superfície externa amarela), conforme Aroucha et al. (2005) e Lopes et al. (2009). As sementes foram denominadas, então, sementes dos estádios 3 e 5.

Após serem extraídas dos frutos, as sementes foram friccionadas entre folhas de papel e lavadas em água corrente para a retirada da sarcotesta. Em seguida, foram colocadas para secar sobre papel toalha, em condições ambientes de laboratório, até atingirem umidade de aproximadamente 10%, o que ocorreu em cerca de 10 dias. O teor de água das sementes foi determinado utilizando-se de quatro repetições de 50 sementes, em estufa, a $105 \pm 3^{\circ}\text{C}$, por 24 h (Brasil, 2009).

2.1. Experimentos

2.1.1 Experimento 1

Foram utilizadas quatro repetições de 50 sementes de mamão em cada estágio de maturação e colocadas para germinar em papel germiteste umedecido com volume da solução de CEPA equivalente a 2,5 vezes a massa do papel seco. As concentrações de CEPA usadas foram: 0 mol dm^{-3} , $5 \times 10^{-6} \text{ mol dm}^{-3}$, $10^{-5} \text{ mol dm}^{-3}$, $10^{-4} \text{ mol dm}^{-3}$, $5 \times 10^{-4} \text{ mol dm}^{-3}$ e $10^{-3} \text{ mol dm}^{-3}$. Foram confeccionados rolos de papel tipo germiteste mantidos em germinador tipo Mangelsdorff, sob temperatura alternada de 20/30°C (16 h/8 h, noite/dia, respectivamente), para os testes de germinação.

A germinação foi avaliada durante 30 dias, sendo consideradas como plântulas normais aquelas que apresentassem a parte aérea com

comprimento de, no mínimo, 2 cm. Foram determinadas as porcentagens de germinação aos 14 e 30 dias após a semeadura (Brasil, 2009).

2.1.2 Experimento 2

Foram utilizadas quatro repetições de 50 sementes de mamão em cada estágio de maturação. As sementes foram colocadas para germinar em papel germiteste umedecido com volume de água equivalente a 2,5 vezes a massa do papel seco. Foram imersas em solução de KNO_3 às concentrações 0, 0,01, 0,5 e $1,0 \text{ mol dm}^{-3}$, por 60 min, com posterior lavagem em água corrente. Foram confeccionados rolos de papel tipo germiteste mantidos em germinador tipo Mangelsdorff, sob temperatura alternada de 20/30°C (16 h/8 h, noite/dia, respectivamente), nos testes de germinação.

A germinação foi avaliada durante 30 dias, sendo consideradas como plântulas normais aquelas que apresentassem a parte aérea com comprimento de, no mínimo, 2 cm. Foram registradas as porcentagens de germinação aos 14 e 30 dias após a semeadura (Brasil, 2009).

2.1.3 Experimento 3

As sementes foram submetidas aos seguintes procedimentos (Tab.1):

- As sementes em cada estágio de maturação foram inicialmente imersas em solução 0 ou 1 mol dm^{-3} de KNO_3 , por 60 min, seguindo-se lavagem em água corrente, antes do teste de germinação, que foi conduzido em papel toalha umedecido com as seguintes soluções:

- Ácido giberélico (GA_3) à concentração 0 (água destilada) ou 50 mg dm^{-3} ($1,4 \times 10^{-4} \text{ mol dm}^{-3}$);

- CEPA à concentração de 0 (água destilada) ou $5 \times 10^{-7} \text{ mol dm}^{-3}$;

Os tratamentos foram compostos das seguintes combinações :

T1(CEPA (0 mol dm^{-3}) + GA_3 (0 mg dm^{-3})+ KNO_3 (0 mol dm^{-3}))- controle;

T2: (CEPA (0 mol dm^{-3}) + GA_3 (0 mg dm^{-3})+ KNO_3 (1 mol dm^{-3}));

T3: (CEPA (0 mol dm^{-3}) + GA_3 (50 mg dm^{-3})+ KNO_3 (0 mol dm^{-3}));

T4: (CEPA (0 mol dm^{-3}) + GA_3 (50 mg dm^{-3})+ KNO_3 (1 mol dm^{-3}));

T5: (CEPA ($5 \times 10^{-7} \text{ mol dm}^{-3}$) + GA₃ (0 mg dm⁻³)+ KNO₃ (0 mol dm⁻³));
 T6: (CEPA ($5 \times 10^{-7} \text{ mol dm}^{-3}$) + GA₃ (0 mg dm⁻³)+ KNO₃ (1 mol dm⁻³));
 T7: (CEPA ($5 \times 10^{-7} \text{ mol dm}^{-3}$) + GA₃ (50 mg dm⁻³)+ KNO₃ (0 mol dm⁻³));
 T8: (CEPA ($5 \times 10^{-7} \text{ mol dm}^{-3}$) + GA₃ (50 mg dm⁻³)+ KNO₃ (1 mol dm⁻³));

O tratamento controle foi representado por sementes apenas imersas em água por 60 min e colocadas para germinar em papel toalha umedecido com água destilada.

Foram utilizadas quatro repetições de 50 sementes de mamão em cada estágio de maturação; as sementes foram colocadas para germinar em papel germiteste umedecido com volume de solução equivalente a 2,5 vezes a massa do papel seco. Foram confeccionados rolos que foram mantidos em germinador, sob temperatura alternada de 20/30°C (16 h/8 h, respectivamente), para os testes de germinação.

A germinação foi avaliada a cada dois dias, durante 30 dias, sendo consideradas como plântulas normais, neste trabalho, foram aquelas que apresentaram a parte aérea com comprimento de, no mínimo, 2 cm e comprimento total de ± 5 cm. Foram registradas as porcentagens de germinação aos 14 e 30 dias após a semeadura (Brasil, 2009). Além disso, os dados obtidos nas contagens realizadas a cada dois dias foram utilizados no cálculo do índice de velocidade de germinação (IVG), conforme Maguire (1962).

Tabela 1. Representação dos tratamentos aplicados às sementes de mamão do grupo “Formosa” nos estádios de maturação 3 e 5. O sinal positivo (+) e o sinal negativo (-) indica presença do regulador de crescimento.

Tratamentos	CEPA ($5 \times 10^{-7} \text{ mol dm}^{-3}$)	GA ₃ (50 mg dm ⁻³)	KNO ₃ (1 mol dm ⁻³)
T1	-	-	-
T2	-	-	+
T3	-	+	-
T4	-	+	+
T5	+	-	-
T6	+	-	+
T7	+	+	-
T8	+	+	+

Quantificação de proteínas solúveis

Foram utilizadas sementes nas mesmas condições do experimento 3, nas mesmas condições descritas para o teste de germinação, durante 48 h, após a semeadura. Esse material foi congelado em nitrogênio líquido e, em seguida, armazenado a -80°C , até o momento de ser usado.

Para a determinação das proteínas solúveis, quatro amostras de 200 mg de massa fresca (aproximadamente oito sementes), por tratamento, foram maceradas em 2,0 mL de meio de extração (tampão fosfato de potássio 100 mM pH 6,8; ácido etilenodiaminotetracético (EDTA) 0,1 mM; ditioneitol (DTT) 2 mM; e polivinilpolipirrolidona (PVPP) 4%). Após isso, o extrato foi centrifugado a 15000 g, por 15 min, a 4°C , e o sobrenadante serviu para posteriores análises.

A concentração de proteína total no extrato foi determinada conforme Bradford (1976), utilizando-se de uma curva de calibração de Albumina de Soro Bovino (BSA, do inglês Bovine Serum Albumin). A reação foi conduzida em um volume final de 300 μL de meio de reação e 10 μL de extrato, utilizando-se de um Leitor de ELISA (Molecular Devices, VersaMax). O corante Coomassie Blue liga-se com a proteína e apresenta o pico de absorção a 595 nm.

Quantificação de lipídios, amido e açúcares solúveis.

Como descrito anteriormente, foram utilizadas sementes embebidas por 48 h, nas condições dos tratamentos descritas acima para os testes de germinação, para a quantificação de lipídios, amido e carboidratos solúveis. Após a embebição, as sementes foram congeladas em nitrogênio líquido e, em seguida, armazenadas a -80°C , até o momento das análises. Pesaram-se quatro amostras de 25 mg de sementes inteiras liofilizadas, de cada tratamento.

Às amostras maceradas foram adicionados no tubo Eppendorf 500 μL de clorofórmio e 1000 μL de metanol, agitando-se e, em seguida, adicionaram-se mais 500 μL de clorofórmio, agitando-se novamente. Centrifugou-se por 5 min, a 4000 g, coletando-se e quantificando-se o

sobrenadante. Adicionaram-se 1000 µL de água destilada ao tubo Eppendorf, agitando-se em seguida. Formaram-se duas fases: a fase superior (metanol+água), cuja solução foi recolhida, quantificada e utilizada para a quantificação dos açúcares solúveis; e a fase inferior (clorofórmio) que foi utilizada para quantificarem-se os lipídios.

A solução da fase inferior foi colocada em tubos Eppendorf de 2 mL identificados e pesados. Em seguida, foram postos para secar em estufa, a 60 °C, e pesados novamente (Bligh e Dyer, 1959, modificado).

O ácido sulfúrico concentrado hidrolisa e desidrata os carboidratos, modificando os açúcares simples desidratados para furfural ou hidroximetilfurfural (Yemn e Willis, 1954). Esses produtos finais se condensam com a antrona (9,10-dihidro-9-oxoantraceno), formando uma substância final de coloração azul petróleo. Os tubos Eppendorf foram levados a banho seco a 95 °C, por 15 min. Resfriou-se o sistema até a temperatura ambiente e a leitura dos açúcares solúveis foi feita em espectrofotômetro (GENESYS 10 UV-VIS), a 620 nm. Foram utilizadas quatro repetições por tratamento.

O precipitado, formado durante a centrifugação, foi hidrolisado com HCl 3%, durante 3 h, em banho seco, a 90°C. Dessa forma, o amido foi hidrolisado em glicose. Então, tanto na fase superior (metanol+ água) quanto no precipitado hidrolisado foi determinado o nível de açúcares pela técnica com antrona, segundo Yemn e Willis (1954).

Nitrogênio total

As amostras de sementes inteiras foram liofilizadas (Liotop, Liofilizador L101), por 72 h. Para a quantificação do nitrogênio orgânico, 10 mg das amostras de sementes secas foram colocados em tubos de digestão contendo 1 mL de ácido sulfúrico 96%. Após essa pré-digestão, de aproximadamente 12 horas, as amostras permaneceram por 35 min no bloco digestor, à temperatura de 300 °C. Ao atingirem a temperatura ambiente, 1 mL de água oxigenada 30 vol foi adicionado às amostras, que permaneceram por mais 35 min no bloco digestor, à temperatura de 200 °C. Uma alíquota de 0,5 mL do extrato sulfúrico foi adicionada a um tubo de

ensaio contendo 19,5 mL de água destilada, 2,5 mL de tartarato de sódio 10% e 2,5 mL de reagente de Nessler. Após 20 min de repouso, as absorvâncias das amostras foram lidas em espectrofotômetro (GENESYS 10 UV-VIS), a 480 nm (Jackson,1958).

Para quantificação do nitrogênio nítrico, conforme Cataldo et al. (1975), 10 mg das amostras sementes secas foram colocados em tubos contendo 1 mL de álcool etílico e 10 mL de água destilada, permanecendo em banho-maria por 60 min, a 45 °C. Após atingirem temperatura ambiente, foram adicionados às amostras 250 mg de carvão ativo. Em uma alíquota de 0,2 mL do filtrado resultante foram adicionados, lentamente, 0,8 mL da solução de ácido salicílico 5%, preparado em ácido sulfúrico 95%. Posteriormente, foram adicionados 19 mL de hidróxido de sódio 2 N. As amostras permaneceram em repouso por 30 min e suas absorvâncias foram, então, lidas em espectrofotômetro (GENESYS 10 UV-VIS), a 410 nm. A soma das duas frações (nitrogênio orgânico e nitrogênio nítrico) representa o nitrogênio total, multiplicando-se o valor encontrado por 6,25 para estimar-se a porcentagem de proteínas totais.

2.2. Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado nos três experimentos foi o inteiramente casualizado, com quatro repetições. Os resultados dos experimentos 1 e 2 foram submetidos à análise de variância (teste F, a 5% de probabilidade), sendo ajustadas regressões polinomiais (GOMES, 1982). No experimento 3, os resultados foram submetidos à análise de variância e as médias obtidas em cada tratamento foram comparadas pelo teste de Scott-Knott (1974). Foram comparadas as médias dos estádios de maturação, dentro dos tratamentos, pelo teste-t . Todos os testes de média empregados foram conduzidos em nível de 5% de probabilidade, utilizando o SigmaPlot e o SAS (Statistical Analysis System, 1999).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Experimento 1

A germinação de sementes no estágio 3 reduziu-se com o aumento da concentração de CEPA; a germinação final das sementes do controle ficou em torno de 57% e a germinação sob 10^{-3} M de CEPA, em torno de 23%. Sob concentrações iguais ou acima de 10^{-5} M de CEPA, houve diminuição na germinação das sementes no estágio 3, tanto aos 14 como aos 30 dias de germinação. Entretanto, não houve efeito desse tratamento nas sementes no estágio 5 (Fig 1).

O etileno é um dos hormônios que promove a ruptura do endosperma (Linkies et al., 2009) e age mantendo baixas as concentrações de ABA. As sementes de *Arabidopsis thaliana* com mutação nos receptores de etileno (*etr1-2*) apresentam maiores concentrações de ABA em relação às sementes selvagens (Ghassemian et al., 2000; Chiwocha et al., 2005), sendo o etileno importante para a superação da dormência de *Stylosanthes humilis* e girassol (Ribeiro e Barros, 2006; Matila, 2000), ou indiferente em várias outras espécies (Taylorson e Hendricks, 1977). A inibição da germinação, utilizando-se de reguladores que liberam etileno não é comum (Finch-Savage e Leubner-Metzger, 2006). No entanto, trabalhos com sementes de maracujá mostraram que o etileno, isoladamente, não aumentou a germinação (Amaro et al., 2009) ou reduziu a germinação, quando em conjunto com GA ou citocinina (Zucareli et al., 2003).

O CEPA reduziu, na concentração utilizada, a germinação das sementes de mamão. Por isso, foram utilizadas menores concentrações (5×10^{-7} M de CEPA) no experimento 3, em combinação com os outros reguladores de crescimento.

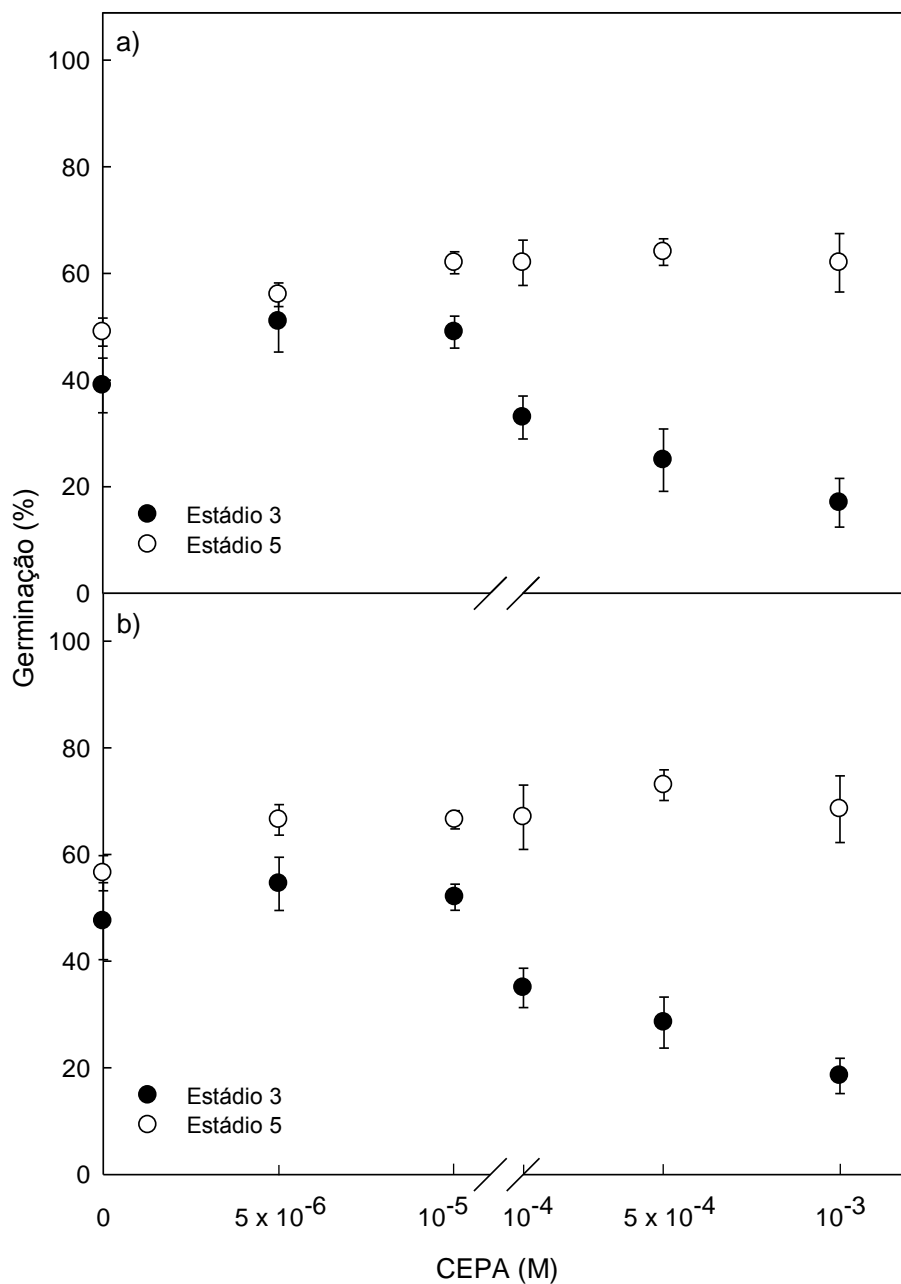


Figura 1. (a) Germinação, aos 14 dias após a sementeira, de sementes de mamão nos estádios 3 e 5 de maturação, em função da concentração de CEPA. Estádio 3 ($y = -295,6x^{**} + 0,433$; $R^2 = 0,784$); Estádio 5 ($y = 70,59x^{ns} + 0,569$; $R^2 = 0,246$). (b) Germinação aos 30 dias após a sementeira de sementes de mamão nos estádios 3 e 5 de maturação, em função da concentração de CEPA. Estádio 3 ($y = -320,8x^{**} + 0,479$; $R^2 = 0,826$); Estádio 5 ($y = 67,47x^{ns} + 0,645$; $R^2 = 0,256$). ** Significativo $p < 0,01$ e ns não significativo. As barras representam os erros das médias.

3.2 Experimento 2

O KNO_3 é um importante promotor na germinação de sementes de mamão (Tokuhisa et al., 2007a). Concentrações iguais ou acima de 0,1 M, fornecidas por 60 min, promoveram a superação da dormência, praticamente dobrando a germinação ao final de 30 dias, com valores médios de 27% no controle e 61% sob KNO_3 0,1M, nos dois estádios de maturação (Fig 3). Os efeitos do nitrato são semelhantes aos mediados por óxido nítrico e nitrito (Hendricks e Taylorson, 1974). O óxido nítrico (NO) é uma molécula sinalizadora intracelular em várias espécies botânicas, e vários experimentos têm mostrado que o NO é um dos componentes da rede de sinalização que pode controlar a dormência das sementes (Alboresi et al., 2005; Bethke et al., 2006; Bethke et al., 2007; Hancock et al., 2011).

O nitrato promove o incremento na germinação e isso pode estar relacionado com aumento do catabolismo de ABA, como foi observado em *Arabidopsis thaliana* (Matakiadis et al., 2009). Além disso, o nitrato funcionaria como um redutor da dormência, promovendo a via das pentoses fosfatadas, inibindo a respiração ou a oxidação de NADPH, mas nenhuma dessas hipóteses foi elucidada até o momento (Bethke et al., 2005).

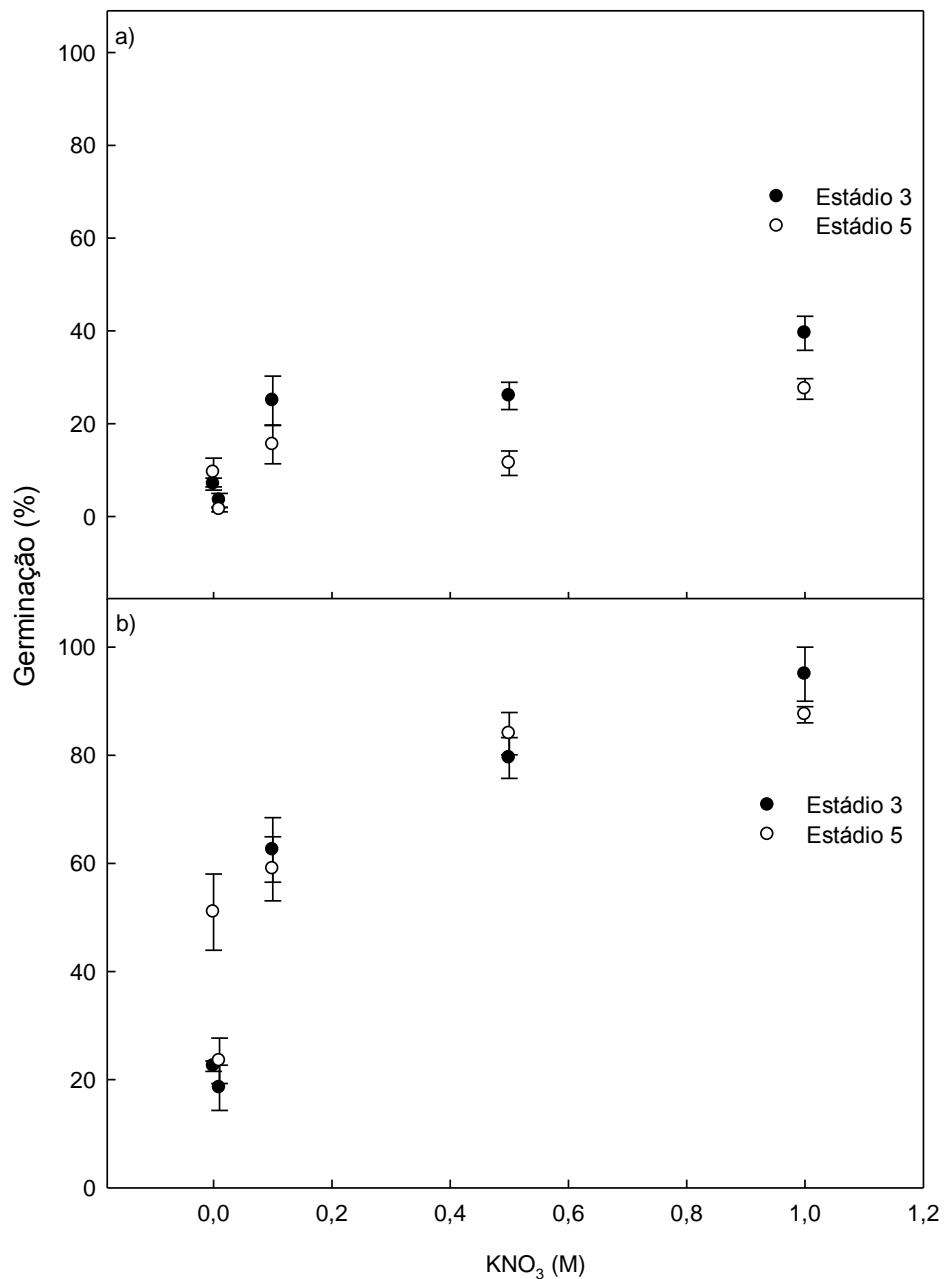


Figura 2. (a) Primeira contagem (germinação aos 14 dias após a semeadura) de sementes de mamão nos estádios 3 e 5 de maturação, em função da concentração de KNO₃. Estádio 3 ($y = 0,303x^{**} + 0,104$; $R^2 = 0,774$); Estádio 5 ($y = 0,185x^{**} + 0,071$; $R^2 = 0,699$). (b) Germinação aos 30 dias após a semeadura de sementes de mamão nos estádios 3 e 5 de maturação, em função da concentração de KNO₃. Estádio 3 ($y = 0,696x^{**} + 0,331$; $R^2 = 0,775$); Estádio 5 ($y = 0,587x^{**} + 0,383$; $R^2 = 0,749$). ** Significativo $p < 0,01$ e ^{ns} não significativo. As barras representam os erros das médias.

3.3 Experimento 3

As sementes-controle nos dois estádios de maturação apresentaram germinação na primeira contagem similar em torno de 10%. Verificou-se nos tratamentos T2 (tratamento apenas com KNO_3), T4 (tratamento com GA_3 e KNO_3), T5 (tratamento com CEPA apenas) e T6 (tratamento com CEPA e KNO_3), maior germinação na primeira contagem (aos 14 dias de germinação) das sementes no estágio 3, mostrando que os tratamentos contribuíram para aumentar a velocidade de germinação. Porém, ao final do experimento (aos 30 dias de germinação), as diferenças verificadas no início da germinação não foram mais observadas entre os dois estádios, com exceção do tratamento T5 (tratamento com CEPA apenas), quando maiores valores de germinação continuaram a ser observados nas sementes no estágio 3 (Fig 3).

A concentração de CEPA $5 \times 10^{-7}\text{M}$ (T6 e T8) promoveu um efeito positivo tanto na germinação de sementes no estágio 5, quanto ao IVG. O tratamento T5 (tratamento com CEPA apenas) aumentou a germinação das sementes no estágio 3, em relação as sementes-controle. Por outro lado, as sementes do estágio 5 apresentaram redução da germinação em relação as sementes-controle, com diferença significativa entre os dois estádios de maturação (teste-t, $p < 0,05$), sendo as sementes do estágio 5 afetadas mais negativamente (Fig 3).

A combinação de CEPA com o GA_3 (T7) foi efetiva na superação da dormência de sementes no estágio 5, promovendo a germinação em valores acima de 80%, iguais aos obtidos com o nitrato. O GA_3 sozinho (T3) foi efetivo para praticamente duplicar a germinação das sementes no estágio 5, passando de 32% no controle, para 57%. As giberelinas são um importante regulador de crescimento e utilizadas na superação da dormência de sementes de mamão (Tokuhisa et al., 2007b, Lopes et al., 2009). Segundo Leonel et al. (1999), a aplicação de GA_3 nas concentrações de 50mg/L e 200mg/L, não promoveram diferenças na germinação de sementes no estágio 5, produzindo em média 46%, valor inferior aos 57% obtido neste trabalho (Fig 3).

A germinação das sementes no estágio 5 sob GA isoladamente (T3), foi de 57%, enquanto o CEPA isolado (T5) promoveu apenas 17% de germinação. Quando em conjunto (T6), o valor foi de 79% de germinação, demonstrando que a combinação GA₃ com CEPA promoveu a soma da germinação dos dois reguladores utilizados individualmente e levando à obtenção dos maiores valores de germinação 5 (Fig 3). Segundo Feurtado e Kermode (2007), em sementes de alface sob termodormência de 32°C, no escuro, não foi possível superar a dormência com aplicação isolada de etileno, giberelina ou citocinina; foi necessária a adição do etileno e de outro hormônio (giberelina ou citocinina) para superar a dormência. Possivelmente, o GA₃ e o etileno agem em conjunto para promover o crescimento do embrião e o enfraquecimento dos tecidos em volta da radícula (Feurtado e Kermode, 2007). Em sementes de *Arabidopsis*, o tratamento com GA₄ estimula a germinação e maior expressão de RNAm AtERS1 (*ETHYLENE RESPONSE SENSOR*). O AtERS1 é membro da família de receptores de etileno (Ogawa et al, 2003) e, dessa forma, percebe a interação entre etileno e giberelinas na germinação das sementes.

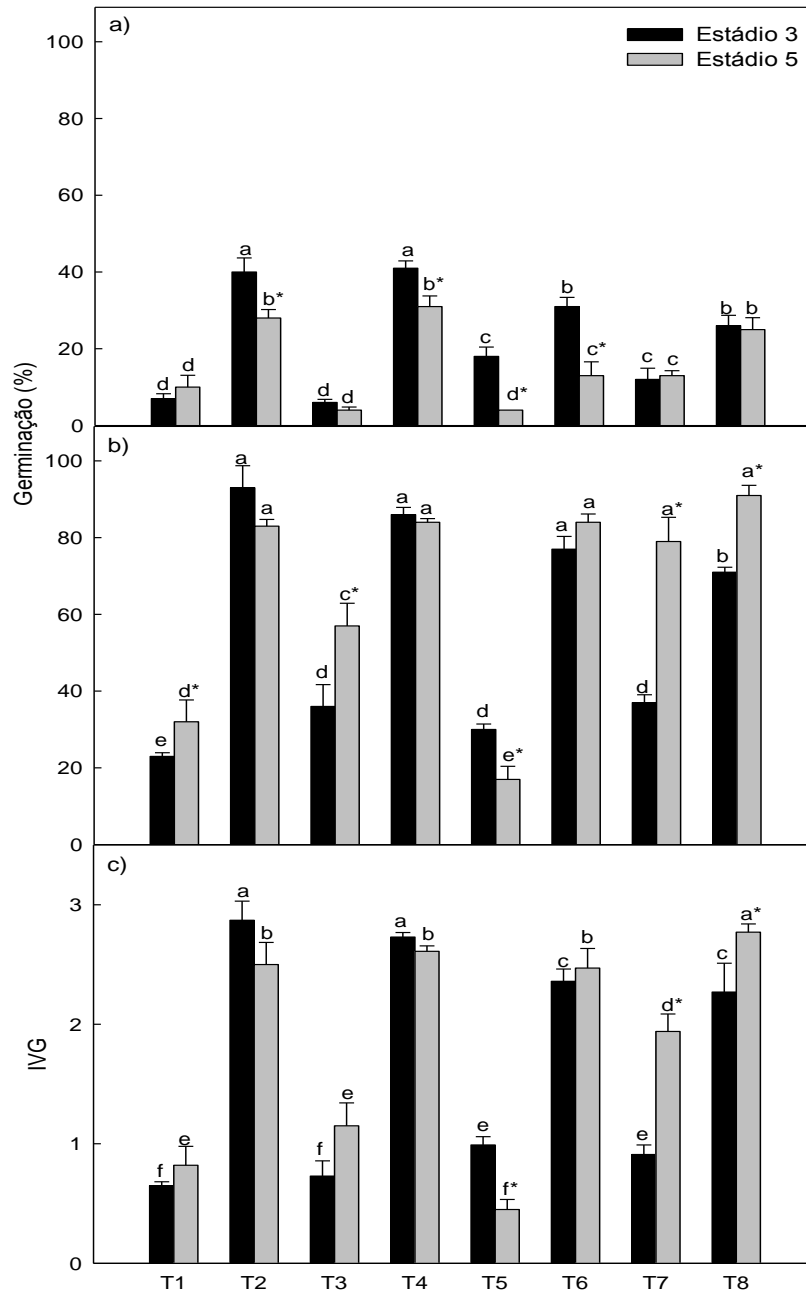


Figura 3. a) Germinação na primeira contagem (14 dias de germinação), b) Germinação final (30 dias de germinação), c) IVG em sementes de mamão nos estádios de maturação 3 e 5, submetidas a diferentes tratamentos: **T1:**(CEPA(0mol dm⁻³)+GA₃(0mg dm⁻³)+KNO₃(0mol dm⁻³)); **T2:**(CEPA(0mol dm⁻³)+GA₃(0mg dm⁻³)+KNO₃(1mol dm⁻³)); **T3:**(CEPA(0mol dm⁻³)+GA₃(50mg dm⁻³)+KNO₃(0mol dm⁻³)); **T4:**(CEPA(0mol dm⁻³)+GA₃(50mg dm⁻³)+KNO₃(1mol dm⁻³));**T5:**(CEPA(5x10⁻⁷mol dm⁻³)+GA₃(0mg dm⁻³)+KNO₃(0mol dm⁻³)); **T6:**(CEPA(5x10⁻⁷mol dm⁻³)+GA₃(0mg dm⁻³)+KNO₃(1mol dm⁻³)); **T7:**(CEPA(5x10⁻⁷mol dm⁻³)+GA₃(50mg dm⁻³)+KNO₃(0mol dm⁻³));**T8:**(CEPA(5x10⁻⁷mol dm⁻³)+GA₃(50mg dm⁻³)+KNO₃(1mol dm⁻³)). Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, em 5% de probabilidade.*Diferem entre si pelo teste-t, em 5% de probabilidade, entre os

estádios de maturação, dentro dos tratamentos. As barras representam os erros das médias.

Os carboidratos são reservas importantes de carbono e utilizados como fontes de energia, os açúcares solúveis são os mais prontamente disponíveis, utilizados pelas sementes durante a germinação (Buckeridge et al, 2004). Para ambos estádios de maturação, as menores concentrações de açúcares solúveis foram observadas em sementes submetidas ao tratamento com reguladores de crescimento, com próximos, em média de 6,7% de massa seca (MS) enquanto as sementes-controle exibiram teores próximos de 12,5% MS (Fig 5). Esse fato, possivelmente, está relacionado com a ativação das rotas de mobilização das reservas utilizadas durante a germinação, etapa em que ocorre um grande consumo de energia para o crescimento embrionário e o estabelecimento das plântulas (Buckeridge e Reid, 1996; Buckeridge et al., 2000).

Em relação ao amido e aos açúcares solúveis, pode-se observar que as sementes tratadas com nitrato apenas (T2) exibiram maior porcentagem (MS) de amido e menor de açúcar solúvel durante o estágio 3. O IVG e a germinação na primeira contagem foram maiores nas sementes no estágio 3 (Fig 3). Isso significa que o nitrato poderia afetar as rotas de mobilização de reserva de carboidratos, dependendo do estágio de maturação, destacando-se o maior consumo de açúcares solúveis no estágio 3 (Fig 4). A porcentagem de carboidratos das sementes de mamão sem tratamento (T1) foi de aproximadamente 12,5% MS, nível próximo ao obtido por Marfo et al.(1986) com 11,7% MS. A porcentagem média de amido que foi relativamente baixa (0,35%), é consistente com os resultados anatômicos que demonstraram que o endosperma das sementes de mamão são aparentemente desprovidos de amido (Santos et al., 2009).

As maiores concentrações de amido (0,5% MS) ocorreram nas sementes tratadas com CEPA (T5 a T8), substância que promove a liberação etileno, independentemente do estágio de maturação (Fig 4). O etileno pareceu inibir a hidrólise do amido, dessa maneira resultando nas maiores porcentagens de amido nas sementes. Segundo Wuriyangan et al. (2009), plantas de arroz com super-expressão de receptores de etileno *etr2*

apresentaram maior acúmulo de amido por apresentar menor expressão da enzima α -amilase.

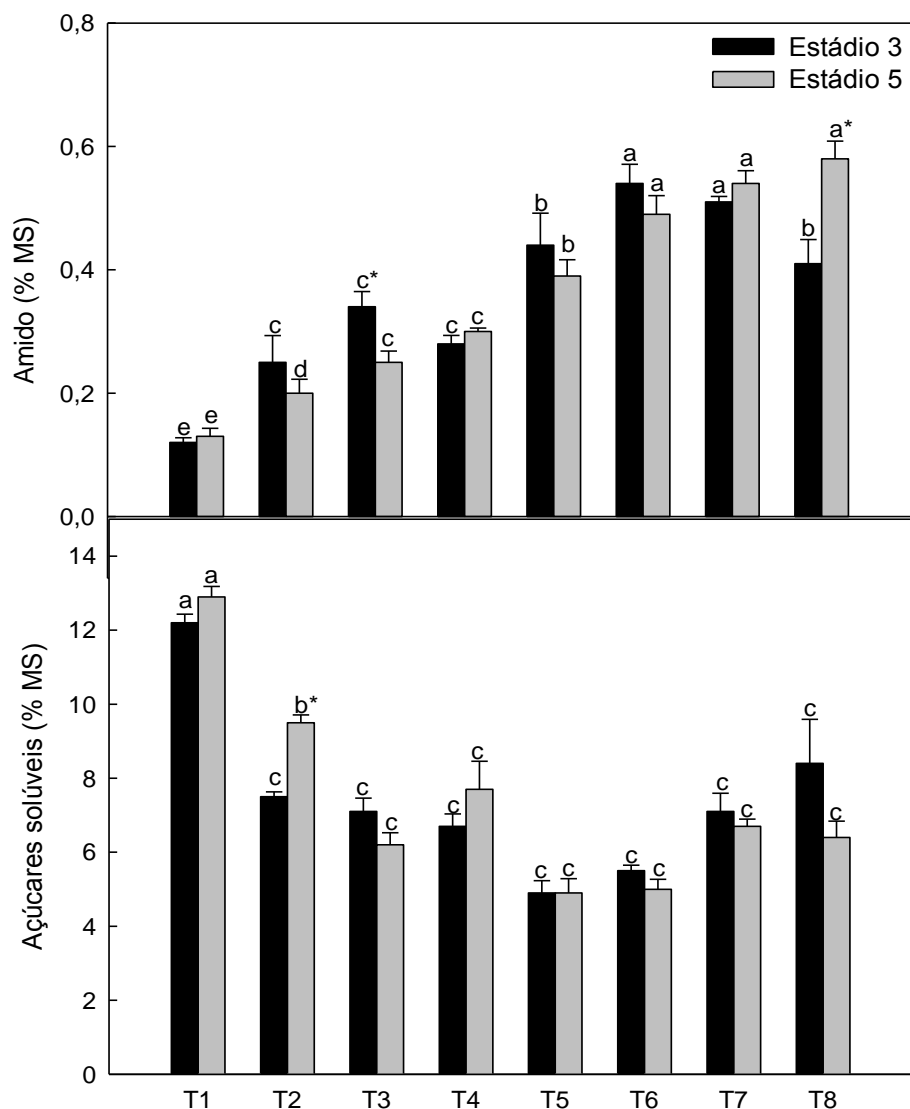


Figura 4. Porcentagem de amido e de açúcares solúveis em sementes de mamão nos estádios de maturação 3 e 5, submetidas a diferentes tratamentos: **T1:**(CEPA(0mol dm^{-3})+GA₃(0mg dm^{-3})+KN0₃(0mol dm^{-3})); **T2:**(CEPA(0mol dm^{-3})+GA₃(0mg dm^{-3})+KN0₃(1mol dm^{-3})); **T3:**(CEPA(0mol dm^{-3})+GA₃(50mg dm^{-3})+KN0₃(0mol dm^{-3})); **T4:**(CEPA(0mol dm^{-3})+GA₃(50mg dm^{-3})+KN0₃(1mol dm^{-3})); **T5:**(CEPA($5 \times 10^{-7}\text{mol dm}^{-3}$)+GA₃(0mg dm^{-3})+KN0₃(0mol dm^{-3})); **T6:**(CEPA($5 \times 10^{-7}\text{mol dm}^{-3}$)+GA₃(0mg dm^{-3})+ KN0₃(1mol dm^{-3})); **T7:**(CEPA($5 \times 10^{-7}\text{mol dm}^{-3}$)+GA₃(50mg dm^{-3})+KN0₃(0mol dm^{-3}));**T8:**(CEPA($5 \times 10^{-7}\text{mol dm}^{-3}$)+GA₃(50mg dm^{-3})+KN0₃(1mol dm^{-3})). Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, em 5% de probabilidade.*Diferem entre si pelo teste-t, em 5% de probabilidade, entre os estádios de maturação, dentro dos tratamentos. As barras representam os erros das médias.

Os lipídios são importantes reservas de carbono e formadores de hexoses por meio da gliconeogênese. Além disso, por meio da β - oxidação, os lipídios participam da formação de outros compostos energéticos como NADH e FADH₂, a serem usados durante a germinação das sementes (Heldt e Piechula, 2011). As sementes de mamão apresentaram níveis de lipídios próximo de 10% MS e não existiram diferenças significativas entre as sementes dos dois estádios de maturação, com exceção nos do tratamento T6 (CEPA e KNO₃) (Fig 5).

As sementes tratadas com GA₃ isoladamente (T3) ou com nitrato de potássio (T4) proporcionou mobilização maior de lipídios nas sementes desses tratamentos, nos dois estádios de maturação (Fig 5). Segundo Aya et al. (2009), a expressão dos genes relacionados com os metabolismo de lipídios e metabolismo secundário era mais numerosa em plantas estimuladas por GA.

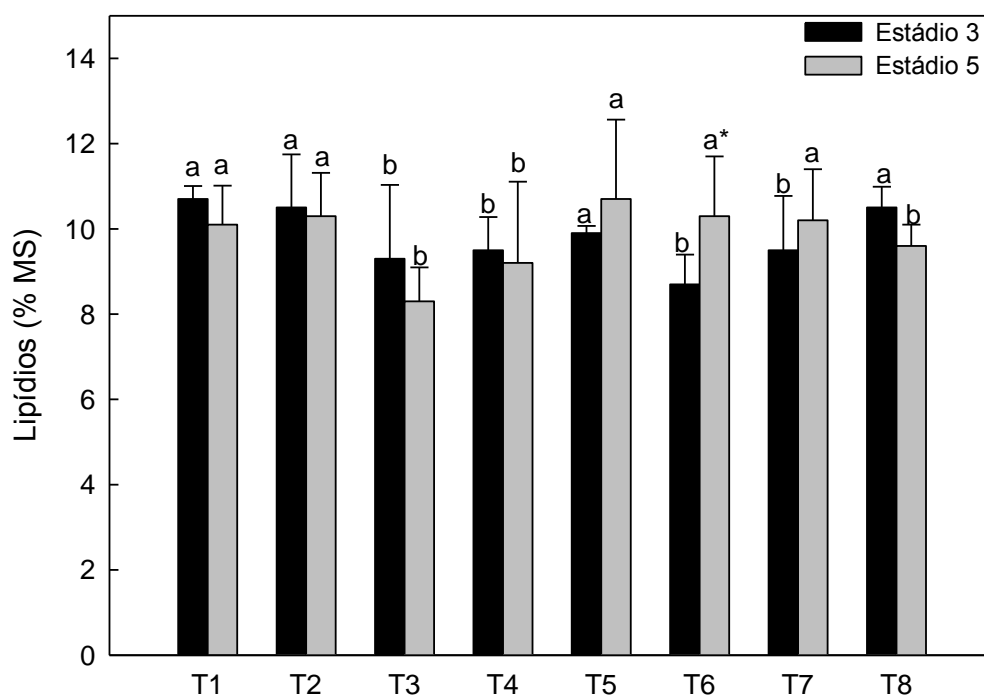


Figura 5. Porcentagem de lipídios em sementes de mamão nos estádios de maturação 3 e 5, submetidas a diferentes tratamentos: **T1:**(CEPA(0mol dm⁻³)+GA₃(0mg dm⁻³)+KNO₃(0mol dm⁻³)); **T2:**(CEPA(0mol dm⁻³)+GA₃(0mg dm⁻³)+KNO₃(1mol dm⁻³)); **T3:**(CEPA(0mol dm⁻³)+GA₃(50mg dm⁻³)+KNO₃(0mol dm⁻³)); **T4:**(CEPA(0mol dm⁻³)+GA₃(50mg dm⁻³)+KNO₃(1mol dm⁻³)); **T5:**(CEPA(5x10⁻⁷mol dm⁻³)+GA₃(0mg dm⁻³)+KNO₃(0mol dm⁻³)); **T6:**(CEPA(5x10⁻⁷mol dm⁻³)+GA₃(0mg dm⁻³)+ KNO₃(1mol dm⁻³)); **T7:**(CEPA(5x10⁻⁷mol dm⁻³)+GA₃(50mg dm⁻³)+KNO₃(0mol dm⁻³));**T8:**(CEPA(5x10⁻⁷mol dm⁻³)+GA₃(50mg dm⁻³)+KNO₃(1mol dm⁻³)). Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, em 5% de

probabilidade.*Diferem entre si pelo teste-t, em 5% de probabilidade, entre os estádios de maturação, dentro dos tratamentos. As barras representam os erros das médias.

O nível de proteínas solúveis foi de 5,4% MS e o de proteínas totais foi 19,1% MS nas sementes de mamão, não havendo diferenças significativas entre os tratamentos, nem entre os estádios de maturação (Fig 6). Os valores de proteínas totais mostraram-se menores do que os obtidos por Marfo et al. (1986) e Puangsri et al. (2004).

Durante a germinação, as sementes apresentam maior consumo das reservas de proteínas e polissacarídeos (Tonini et al., 2010). No presente trabalho, dois dias, porém, não foram suficientes para diferenciar o consumo das reservas protéicas nas sementes de mamão. Provavelmente, as sementes estavam consumindo energia, como pode ser observado pelo consumo de açúcares solúveis (Fig 4) e ainda não tinham iniciado a biossíntese de compostos nitrogenados.

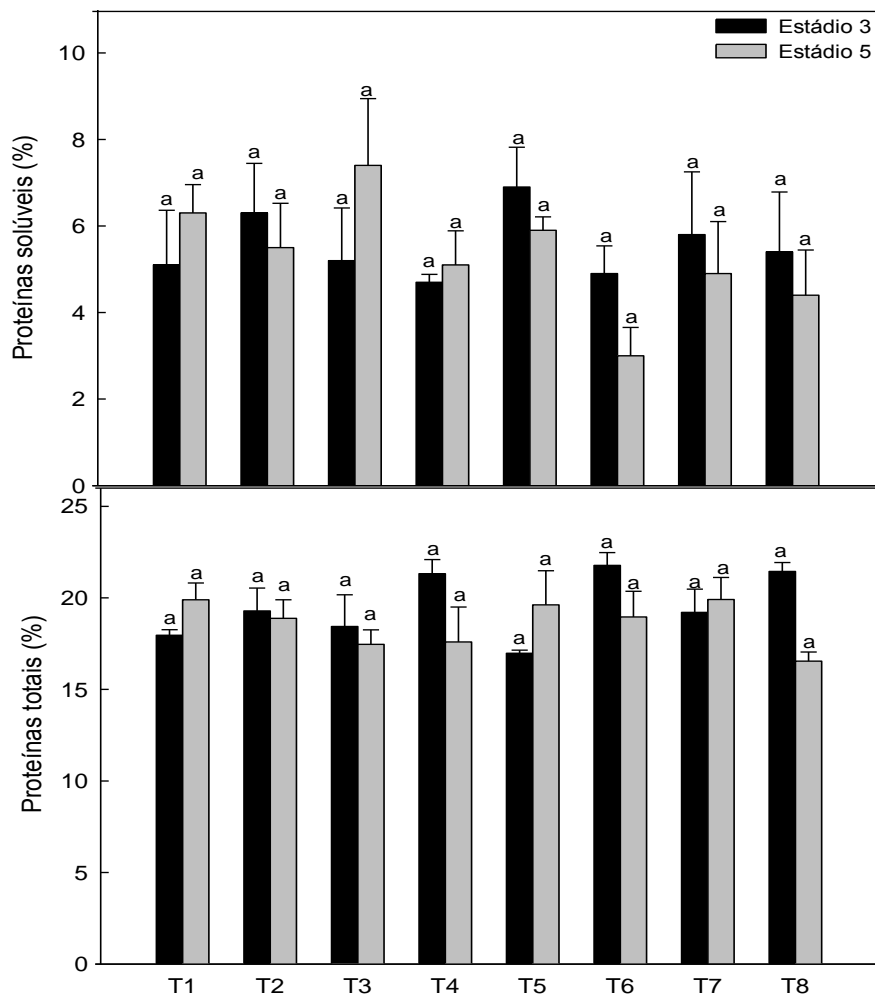


Figura 6. Porcentagem de proteínas solúveis e de proteínas totais em sementes de mamão nos estádios de maturação 3 e 5, submetidas a diferentes tratamentos: **T1:**(CEPA(0mol dm^{-3})+GA₃(0mg dm^{-3})+KN0₃(0mol dm^{-3})); **T2:**(CEPA(0mol dm^{-3})+GA₃(0mg dm^{-3})+KN0₃(1mol dm^{-3})); **T3:**(CEPA(0mol dm^{-3})+GA₃(50mg dm^{-3})+KN0₃(0mol dm^{-3})); **T4:**(CEPA(0mol dm^{-3})+GA₃(50mg dm^{-3})+KN0₃(1mol dm^{-3})); **T5:**(CEPA($5 \times 10^{-7}\text{mol dm}^{-3}$)+GA₃(0mg dm^{-3})+KN0₃(0mol dm^{-3})); **T6:**(CEPA($5 \times 10^{-7}\text{mol dm}^{-3}$)+GA₃(0mg dm^{-3})+ KN0₃(1mol dm^{-3})); **T7:**(CEPA($5 \times 10^{-7}\text{mol dm}^{-3}$)+GA₃(50mg dm^{-3})+KN0₃(0mol dm^{-3}));**T8:**(CEPA($5 \times 10^{-7}\text{mol dm}^{-3}$)+GA₃(50mg dm^{-3})+KN0₃(1mol dm^{-3})). Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, com 5% de probabilidade.*Diferem entre si pelo teste-t, em 5% de probabilidade, entre os estádios de maturação dentro dos tratamentos. As barras representam os erros das médias.

4. CONCLUSÕES

As sementes-controle de frutos no estágio 5 de maturação ($\geq 75\%$ da superfície do fruto amarela) apresentaram maior germinação final (aos 30 dias após a semeadura). O (ácido 2-cloroetilfosfônico) CEPA promoveu redução na germinação de sementes de mamão. Os efeitos do CEPA foram revertidos com o uso do nitrato de potássio. Em geral, todos os reguladores de crescimento testados foram eficientes na superação da dormência, com exceção do CEPA isoladamente. O CEPA provocou redução na mobilização do amido. O GA_3 , isoladamente e em associação com o nitrato de potássio, estimulou maior mobilização de lipídios. O nitrato de potássio mostrou-se o composto mais eficiente na superação da dormência das sementes de mamão.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBORESI A, GESTIN C, LEYDECKER M-T, BEDU M, MEYER C, TRUONG H-N (2005) Nitrate, a signal relieving seed dormancy in *Arabidopsis*. *Plant Cell and Environment* **28**: 500-512

ALI-RACHEDI S, BOUINOT D, WAGNER MH, BONNET M, SOTTA B, GRAPPIN P, JULLIEN M (2004) Changes in endogenous abscisic acid levels during dormancy release and maintenance of mature seeds: studies with the Cape Verde Islands ecotype, the dormant model of *Arabidopsis thaliana*. *Planta* **219**: 479–488

AMARO ACE, ZUCARELI V, MISCHAN MM, FERREIRA G (2009) Combinações entre GA₄₊₇ + N-(fenilmetil)-aminopurina e ethephon na germinação de sementes de *Passiflora cincinnata* Mast. *Revista Brasileira de sementes* **1**: 195-202

AROUCHA EMM, SILVA RF, OLIVEIRA JG, VIANA AP, GONZAGA MP (2005) Época de colheita e período de repouso dos frutos de mamão (*Carica papaya* L.) cv. Golden na qualidade fisiológica das sementes. *Ciência Rural* **35**: 537-543

ARUMUGANATHAN K, EARLE ED (1991) Nuclear DNA content of some import plant species. *Plant Molecular Biology Reporter* **9**:208-218

AYA K, UEGUCHI-TANAKA M, KONDO M, HAMADA K, YANO K, NISHIMURA M, MATSUOKA M (2009) Gibberellin modulates anther development in rice via the transcriptional regulation of GAMYB. *Plant Cell* **21**: 1453-1472

BATAK I, DEVIC M, GIBA Z, GRUBISI D, POFF KL, KONJEVIC R (2002) The effects of potassium nitrate and NO-donors on phytochrome A- and phytochrome B-specific induced germination of *Arabidopsis thaliana* seeds. *Seed Science Research* **12**:253–259

BADILLO VM (2002) *Carica L. vs Vasconcella St. Hil.*(Caricaceae) con la rehabilitacion de este ultimo. *Ernstia* **10**:74-79

BARCELÓ AR, POMAR F, FERRER MA, MARTINEZ P, BALLESTA MC, PEDRENO MA (2002) *In situ* characterization of a NO-sensitive peroxidase in the lignifying xylem of *Zinnia elegans*. *Physiologia Plantarum* **114**:33–40

BETHKE PC, LIBOUREI IG, JONES RL (2006a) Nitric oxide reduces seed dormancy in *Arabidopsis*. *Journal of Experimental Botany* **57**:517–526

BETHKE PC, LIBOUREL IG, REINOHL V, JONES RL (2006b) Sodium nitroprusside, cyanide, nitrite, and nitrate break *Arabidopsis* seed dormancy in a nitric oxide-dependent manner. *Planta* **223**:805–812

BETHKE PC, LIBOUREL IG, JONES RL (2007) Nitric oxide in seed dormancy and germination. *Annual Plant Review Vol. 27: Seed Development, Dormancy and Germination*, Blackwell Publishing Ltd.

BEWLEY J D (1997) Seed germination and dormancy. *Plant Cell* **9**:1055-1066

BLIGH EG, DYER WJ (1959) A rapid method for total lipid extraction and purification. *Canadian Journal of Biochemistry and Physiology* **37**: 911-917

BRADFORD MM (1976) A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical Biochemistry* **72**: 248–254

BRASIL (2009) Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regras para análise de sementes. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília, DF: Mapa/ACS, 395p.

BUCKERIDGE MS, REID JSG (1996) Major cell wall storage polysaccharides in legume seeds: structure, catabolism and biological functions. *Ciência e Cultura* **48**:153-162

BUCKERIDGE MS, TINÉ MAS, SANTOS HP, LIMA DU (2000) Polissacarídeos de reserva de parede celular em sementes. Estrutura, metabolismo, funções e aspectos ecológicos. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal* **12**:137-162

BUCKERIDGE MS, AIDAR MPM, SANTOS HP, TINÉ MAS (2004) Acúmulo de reservas. In: FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F.(org.) *Germinação: do básico ao aplicado*. Porto Alegre: Artmed

BUEGE JA, AUST SD (1978) Microsomal lipid peroxidation. *Methods in Enzymology* **52**:302-310

CARRERA E, HOLMAN T, MEDHURST A, DIETRICH D, FOOTITT S, THEODOULOU FL, HOLDSWORTH MJ (2008) Seed after-ripening is a discrete developmental pathway associated with specific gene networks in *Arabidopsis*. *The Plant Journal* **53**:214–224

CATALDO DA, HAROON M, SCHRADER LE, YOUNGS VL (1975) Rapid colorimetric determination of nitrate in plant tissue by nitration of salicylic acid. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* **6**: 71-80

CHANDRA A, ANAND A, DUBEY A (2007) Effect of salicylic acid on morphological and biochemical attributes in cowpea. *Journal of Environmental Biology* **28**: 193-196

CHING TM (1983) Biochemical aspects of seed vigour. *Seed Science and Technology* **1**:73-88

CHIWOCHA SDS, CUTLER AJ, ABRAMS SR, AMBROSE SJ, YANG J, ROSS ARS, KERMODE AR (2005). The *etr1–2* mutation in *Arabidopsis*

thaliana affects the abscisic acid, auxin, cytokinin and gibberellin metabolic pathways during maintenance of seed dormancy, moist-chilling and germination. *Plant Journal* **42**: 35 – 48

ELLIS RH, HONG TD, ROBERTS EH (1991) Caricaceae. Chapter 28. In: *Handbook of Seed Technology for Gene Banks - Volume II. Compendium of Specific Germination Information and Test Recommendations*. International Board for Plant Genetic Resources, Rome.

FARIMAN ZK, AZIZI M, NOORI S (2011). Seed germination and dormancy breaking techniques for *Echinacea purpurea* L. *Journal of Environmental Biology* **5**: 7-10

FEURTADO JA, KERMODE AR (2007) A merging of paths: abscisic acid and hormonal cross-talk in the control of seed dormancy maintenance and alleviation. In K Bradford, H Nonogaki,(eds.) *Seed development, dormancy and germination*. Blackwell Publishing, Oxford, pp 176–223

FINCH-SAVAGE WE, LEUBNER-METZGER G (2006) Seed dormancy and the control of germination. *New Phytologist* **171**:501–523

GALLARDO K, JOB C, GROOT SPC, PUYPE M, DEMOL H, VANDEKERCKHOVE J, JOB D (2002). Proteomics of Arabidopsis seed germination: A comparative study of wild-type and gibberellins deficient seeds. *Plant Physiology* **129**: 823–837

GHASSEMIAN M, NAMBARA E, CUTLER S, KAWAIDE H, KAMIYA Y, McCOURT P (2000). Regulation of abscisic acid signaling by the ethylene response pathway in Arabidopsis. *Plant Cell* **12**:1117–1126

GHERARDI E, VALIO IFM (1976) Occurrence of promoting and inhibitory substances in the seed arils of *Carica papaya* L. *Journal of Horticultural Science* **51**:1-4

GOMES FP (1982) Curso de estatística experimental. 10 ed. Piracicaba: Nobel, 477p.

GRAUWE L, CHAERLE L, DUGARDEYN J, DECAT J, RIEU I, VRIEZEN WH, MORITZ T, BEEMSTER GTS, PHILLIPS AL, HARBERD NP, HEDDEN P, VAN DER STRAETEN D (2008) Reduced gibberellin response affects ethylene biosynthesis and responsiveness in the *Arabidopsis gai eto 2-1* double mutant. *New Phytologist* **177**:128–141

HAVIR EA, MCHALE NA (1987) Biochemical and developmental characterization of multiple forms of catalase in tobacco leaves. *Plant Physiology* **84**:450-455

HEATH RL, PACKER L (1968) Photoperoxidation in isolated chloroplast I. Kinetics and stoichiometry of fatty acid peroxidation. *Archives of Biochemistry and Biophysics* **125**:189-198

HELDT HW, PIECHULLA B (2011) *Plant biochemistry*. Burlington, MA, USA: Elsevier Academic Press, 622p.

HENDRICKS SB, TAYLORSON RB (1974) Promotion of seed germination by nitrate, nitrite, hydroxylamine, and ammonium salts. *Plant Physiology* **54**:304–309

HILHORST HWM, KARSSSEN CM (1988) Dual effect of light on the gibberellins- and nitrate-stimulated seed germination of *Sisymbrium officinale* and *Arabidopsis thaliana*. *Plant Physiology* **86**:591–597

HILHORST HWM, KARSSSEN CM (1989) Nitrate reductase independent stimulation of seed germination in *Sisymbrium officinale* L. (hedge mustard) by light and nitrate. *Annals of Botany* **63**:131-137

HOLDSWORTH MJ, BENTSINK L, SOPPE WJJ (2008) Molecular networks regulating Arabidopsis seed maturation, after ripening, dormancy and germination. *New Phytologist* **179**:33–54

JACKSON ML (1958) Soil chemical analysis. Prentice Hall, Englewood Cliffs, 498p.

KARSSSEN CM, LAÇKA E (1986) A revision of the hormone balance theory of seed dormancy: studies on gibberellin and/or abscisic acid-deficient mutants of *Arabidopsis thaliana*. In M Bopp (ed) *Plant Growth Substances*. Springer-Verlag 315–323

KUCERA B, COHN MA, LEUBNER-METZGER L (2005) Plant hormone interactions during seed dormancy release and germination. *Seed Science Research* **15**:281–330

LANGE AH (1961) Effect of the sarcotesta on germination of *Carica papaya*. *Botanical Gazette* **122**:305-311

LEONEL S, ONO EO, RODRIGUES JD (1999) Influência da alternância de temperatura e tratamentos com GA₃, na germinação de sementes de mamoeiro. *Semina* **1**:68-72

LINKIES A, MÜLLER K, MORRIS K, TURECĀKOVÁ V, CADMAN CSC, CORBINEAU F, STRNAD M, LYNN JR, FINCH-SAVAGE WE, LEUBNER-METZGER G (2009) Ethylene interacts with abscisic acid to regulate endosperm rupture during germination: a comparative approach using *Lepidium sativum* and *Arabidopsis thaliana*. *The Plant Cell* **21**: 3803–3822

LOPES HM, SOUZA CM (2008). Efeitos da giberelina e da secagem no condicionamento osmótico sobre a viabilidade e o vigor de sementes de mamão (*Carica papaya* L.). *Revista Brasileira de Sementes* **1**:181-189

LOPES AWP, SELEGUINI A, BOLIANI AC, CÔRREA L S (2009). Estádio de maturação do fruto e uso do ácido giberélico na germinação de sementes de mamoeiro. Pesquisa Agropecuária. Tropical **4**):278-284.

MAGUIRE JD (1962) Speed of germination – AID seedling emergence and vigor. Crop Science **2**:176-177

MARCOS FILHO J (2005) Fisiologia de semente de plantas cultivadas. Piracicaba: FEALQ

MARFO EK, OKE OL, AFOLABI OA (1986) Chemical composition of papaya (*Carica papaya*) seeds. Food Chemistry **22**: 259–266

MATAKIADIS T, ALBORESI A, JIKUMARU Y, TATEMATSU K, PICHON O, RENOU JP, KAMIYA Y, NAMBARA E, TRUONG HN (2009) The Arabidopsis abscisic acid catabolic gene CYP707A2 plays a key role in nitrate control of seed dormancy. Plant Physiology **149**: 949–960

MATILLA AJ (2000). Ethylene in seed formation and germination. Science Research **10**:111-126

MILLER GL (1959) Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugars. Analytical Chemistry **31**:426-428

MÜLLER K, TINTELNOT S, LEUBNER-METZGER G (2006) Endosperm-limited Brassicaceae seed germination: abscisic acid inhibits embryo-induced endosperm weakening of *Lepidium sativum* (cress) and endosperm rupture of cress and *Arabidopsis thaliana*. Plant Cell Physiology **47**:864–877

NAKASONE HY, PAULL RE (1998) Tropical Fruits. CAB International, Wallingford

OGAWA M, HANADA A, YAMAUCHI Y, KUWAHARA A, KAMIYA Y, YAMAGUCHI S (2003) Gibberellin biosynthesis and response during Arabidopsis seed germination. *Plant Cell* **15**: 1591–1604

ORACZ K, BAILLY C, GNIAZDOWSKA A, CÔME D, CORBINEAU F, BOGATEK R (2007) Induction of oxidative stress by sunflower phytotoxins in germinating mustard seeds. *Journal of Chemical Ecology* **33**:251–264

PUANGSRI T, ABDULKARIM SM, GHAZALI HM (2005) Properties of papaya seed oil. *Journal Food Lipids* **12**: 62–76

RAZEM FA, EL-KEREAMY A, ABRAMS SR, HILL RD (2006) The RNA-binding protein FCA is an abscisic acid receptor. *Nature* **439**:290–294

RIBEIRO DM, BARROS RS (2006) Sensitivity to ethylene as a major component in the germination of seeds of *Stylosanthes humilis*. *Seed Science Research* **16**:37–45

RIEFLER M, NOVAK O, STRNAD M, SCHMÜLLING T (2006) Arabidopsis cytokinin receptor mutants reveal functions in shoot growth, leaf senescence, seed size, germination, root development, and cytokinin metabolism. *Plant Cell* **18**: 40-54

ROBERTS EH (1964a) A survey of the effects of chemical treatments on dormancy in rice seed. *Physiologia Plantarum* **17**: 30-43

ROBERTS E H (1964 b) The distribution of oxidation-reduction enzymes and the effects of respiratory inhibitors and oxidizing agents on dormancy in rice seed. *Physiologia Plantarum* **17**:14–29

RODRÍGUEZ-GACIO MC, MATILLA AJ (2009) Seed dormancy and ABA signalling: the breakthrough goes on. *Plant Signaling and Behavior* **4**:1035–1048

SAS. SAS Software. Version 9.1. Cary, North Carolina: SAS Institute Inc., 1999

SCHMILDT ER, FRONZA V, DIAS JLS, UNÊDA SH, ALVARENGA EM (1993) Comparação de métodos físicos de remoção da sarcotesta e de métodos de secagem de sementes de mamoeiro (*Carica papaya* L.). Revista Brasileira de Sementes **2**):147-151

SCOTT AJ, KNOTT M (1974) A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. Biometrics **30**:507-512

SANTOS SA, SILVA RF, PEREIRA MG, ALVEZ E, MACHADO JC, BORÉM FM, GUIMARÃES RM, MARQUES ER (2009) Estudos morfo-anatômicos de sementes de dois genótipos de mamão (*Carica papaya* L.). Revista Brasileira de Sementes. **31**:116-122

TAYLORSON RB, HENDRICKS SB (1977) Dormancy in seeds. Annual Review of Plant Physiol. **28** :331–354

TOKUHISA D, DIAS DCFS, ALVARENGA EM, HILST PC, DEMUNER AJ (2007a). Compostos fenólicos inibidores da germinação em sementes de mamão (*Carica papaya* L.) Revista Brasileira de Sementes **3**:180-188

TOKUHISA D, DIAS DCFS, ALVARENGA EM, DIAS LAS, MARIN SLD (2007b) Tratamentos para superação da dormência em sementes de mamão. Revista Brasileira de Sementes **29**:131-139

TONINI PP, PURGATO E, BUCKERIDGE MS (2010) Effects of abscisic acid, ethylene and sugars on the mobilization of storage proteins and carbohydrates in seeds of the tropical tree *Sesbania virgata* (Leguminosae). Annals of Botany **106**: 607–616

VIGGIANO JR, SILVA RF, VIEIRA HD (2000) Ocorrência de dormência em sementes de mamão (*Carica papaya* L.). Revista Brasileira de Sementes **1**: 6-10

VIKTOROVA LV, MAKSYUTOVA NN, TRIFONOVA TV, ANDRIANOV VV (2010) Production of hydrogen peroxide and nitric oxide following introduction of nitrate and nitrite into wheat leaf apoplast. *Biochemistry* **75**: 95-100

WHITAKER C, BECKETT RP, MINIBAYEVA FV, KRANNER I (2010) Alleviation of dormancy by reactive oxygen species in *Bidens pilosa* L. seeds. *South African Journal of Botany* **76**: 601-605

WILSON ID, NEILL SJ, HANCOCK JT (2008) Nitric oxide synthesis and signalling in plants. *Plant Cell and Environment* **31**:622–631

WURIYANGHAN H, ZHANG B, CAO WH, MA B, LEI G, LIU YF, WEI W, WU HJ, CHEN LJ, CHEN HW, CAO YR, HE SJ, ZHANG WK, WANG XJ, CHEN SY, ZHANG JS (2009) The ethylene receptor ETR2 delays floral transition and affects starch accumulation in rice. *Plant Cell* **21**:1473–1494

YEMN EW, WILLIS A J (1954) The estimation of carbohydrate in plant extracts by anthrone. *The Biochemical Journal* **57**:508-514

ZHOU L, JANG JC, JONES TL, SHEEN J (1998) Glucose and ethylene signal transduction crosstalk revealed by an Arabidopsis glucose- insensitive mutant. *Plant Biology* **95**:10294–10299

ZUCARELI C, CASTRO MM, OLIVEIRA HR, BRANCALIÃO SR, RODRIGUES JD, ONO EO, BOARO CSF (2003) Fitorreguladores e germinação de sementes de maracujá doce em condições de laboratório. *Scientia Agrária* **1-2**: 9-14

II. GERMINAÇÃO EM SEMENTES DE MAMÃO GRUPO “SOLO” TRATADAS COM REGULADORES DE CRESCIMENTO

RESUMO: O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos dos reguladores de crescimento na germinação de sementes de mamão do grupo “Solo”, Foram utilizadas sementes extraídas de frutos nos estádios de maturação 3 e 5, correspondendo a 50% e 75% da superfície exterior amarela, respectivamente). As sementes de mamão do grupo “Solo” no estágio 3 de maturação apresentaram aumento da germinação quando tratadas com todos os reguladores de crescimento testados. O nitrato de potássio conferiu efeito negativo sobre a porcentagem de germinação e índice de velocidade de germinação, principalmente para as sementes do estágio 5. Os reguladores de crescimento não aumentaram a porcentagem de plântulas normais das sementes de mamão do grupo “Solo”. O ácido 2-cloroetilfosfônico (CEPA $5 \times 10^{-4}M$) e as GAs isoladas foram responsáveis pelo aumento do número de plântulas normais, aos 14 dias após a semeadura, das sementes no estágio 3.

Palavras-chave: CEPA, germinação, giberelina, nitrato de potássio

1. INTRODUÇÃO

Carica papaya L. é uma frutífera de grande importância econômica, sendo cultivada principalmente nos países tropicais, com grande aceitação nos mercados nacional e internacional (Lyra et al., 2007). O Brasil é o maior produtor mundial desse fruto, sendo os estados da Bahia e do Espírito Santo responsáveis por mais de 85% da produção nacional (FAO, 2011; IBGE, 2011).

Os grupos “Formosa” e “Solo” compõem as cultivares de mamoeiro mais exploradas no Brasil, exibindo o maior escoamento da produção para o mercado externo (Costa et al., 2005; Serrano e Cattaneo, 2010). Os frutos do grupo “Solo” apresentam menor tamanho e alta taxa de endogamia, a planta tem o maior potencial na utilização em cruzamentos e são mais utilizadas no melhoramento genético e lançamento de novas cultivares no Brasil.

As sementes de mamão têm germinação lenta e irregular (Ellis et al., 1991, Tokuhisa et al., 2007a), o que tem sido atribuído à ação de compostos fenólicos inibidores da germinação (Tokuhisa et al., 2007b) e também à ação de reguladores de crescimento (Lange, 1961). Os estudos sobre os efeitos de reguladores de crescimento na germinação das sementes de mamão enfocam, principalmente, o grupo “Formosa” (Tokuhisa et al., 2007a; Lopes et al., 2009), sendo escassos os estudos com sementes do grupo “Solo”.

Os principais reguladores de crescimento utilizados na promoção da germinação das sementes são: giberelinas (GAs), citocininas, etileno, ácido absísico (ABA) e nitrato de potássio (KNO_3) (Bewley, 1997; Zhou et al., 1998; Ramaih et al., 2003, Riefler et al., 2005; Chandra et al., 2007; Tokuhisa et al., 2007a; Carrera et al., 2008; Holdsworth et al., 2008).

As giberelinas são importantes promotores de germinação, contribuindo para o aumento da velocidade de germinação e vigor nas sementes de mamão, além de permitir maior uniformidade da germinação (Leonel et al., 1999; Tokuhisa et al., 2007a; Lopes et al., 2009), atuando na

mobilização das reservas das sementes para o processo germinativo (Bewley, 1997; Müller et al., 2006).

As GAs são necessárias para a emergência da raiz primária, após a embebição das sementes (Nambara et al., 1991; Jacobsen e Olszewski, 1993), por meio do enfraquecimento dos tecidos que envolvem o embrião, como a camada de aleurona e a testa (Silverstone et al., 1997; Telfer et al., 1997).

O etileno promove o enfraquecimento e a ruptura do endosperma das sementes, inibindo a ação do ABA e, conseqüentemente, promovendo a germinação (Linkies et al., 2009). Em sementes dormentes de alface “Grand Rapids”, infere-se que o crescimento do embrião foi facilitado pelo etileno, devido a expansão celular do hipocótilo (Abeles, 1986). Para liberar o etileno no interior das células é utilizado o ácido 2-cloroetilfosfônico (CEPA) (Burin et al., 1987).

O nitrato é um importante promotor da germinação de sementes de mamão (Tokuhisa et al., 2007a), porém o seu efeito específico, até o momento, não é totalmente esclarecido (Alboresi et al., 2005). Existe a possibilidade de o nitrato atuar como oxidante nas vias das pentoses fosfatadas (Roberts, 1964), além de atuar na biossíntese e/ou aumento da sensibilidade às GAs (Alboresi et al., 2005).

Outro fator que influencia a germinação e a velocidade de germinação de sementes de mamão é o estágio de maturação do fruto (Lopes et al., 2009). As sementes em diferentes estádios de maturação dos frutos apresentam sensibilidade diferenciada aos reguladores de crescimento (Trewavas, 1982; Firn, 1986). Porém, há escassez de trabalhos que relacionem germinação das sementes de mamão com a ação de reguladores de crescimento e com o estágio de maturação do fruto.

O presente trabalho objetivou investigar os efeitos de ácido 2-cloroetilfosfônico (CEPA), giberelinas (GAs) e nitrato de potássio na germinação de sementes de mamão do grupo “Solo” obtidas de frutos em dois diferentes estádios de maturação.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido no Laboratório de Sementes do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa (20° 45'S, 42° 15' W), MG. As sementes foram obtidas de frutos do grupo "Solo" colhidos nos estádios de maturação 3 ("de vez", 50 % da superfície externa amarela) e 5 (maduro, mais que 75% da superfície externa amarela), conforme Aroucha et al. (2005) e Lopes et al. (2009). As sementes foram denominadas então sementes nos estádios 3 e 5.

Após serem extraídas dos frutos, as sementes foram friccionadas entre folhas de papel e lavadas em água corrente para a retirada da sarcotesta. Em seguida, foram deixadas para secar sobre papel toalha, em condição de laboratório, até atingirem umidade de, aproximadamente 10%, o que ocorreu em cerca de 10 dias. O teor de água das sementes foi determinado utilizando-se quatro repetições de 50 sementes, a $105 \pm 3^{\circ}\text{C}$, por 24 horas (Brasil, 2009), sendo os resultados expressos em porcentagem.

Para os testes de germinação, quatro repetições de 50 sementes em cada estágio de maturação, foram distribuídas sobre papel toalha umedecido com volume de solução ou água, conforme o tratamento, equivalente a 2,5 vezes a massa do papel seco. Foram confeccionados rolos de papel tipo germiteste mantidos em germinador tipo Mangelsdorff, sob temperatura alternada de 20-30°C (16 h/8 h, noite/dia, respectivamente), para os testes de germinação, conforme Brasil (2009).

A germinação foi avaliada a cada dois dias, durante 30 dias, sendo consideradas como germinadas aquelas que apresentaram a protrusão da raiz primária e plântulas normais, aquelas que possuíam a parte aérea com comprimento de, no mínimo, 2 cm. Foram registradas as porcentagens de germinação representada pelas sementes que emitiram raiz primária aos 14 e 30 dias após a semeadura, bem como a porcentagem de plântulas normais (Brasil, 2009).

Os dados obtidos nas contagens realizadas a cada dois dias foram utilizados para a estimativa do índice de velocidade de emergência (IVE) calculado com os dados de emissão de raiz primária e do índice de

velocidade de germinação (IVG) obtido com os dados de plântulas normais, conforme Maguire (1962).

- As sementes, em cada estágio de maturação, foram inicialmente imersas em água destilada ou solução 1 mol m^{-3} de KNO_3 , por 60 min, seguindo-se lavagem em água corrente, antes do teste de germinação, que foi conduzido em papel toalha umedecido com as seguintes soluções:

- Ácido giberélico (GA_3), na concentração de 0 (água destilada), 10 mg/m^{-3} ($2,8 \times 10^{-5} \text{ mol dm}^{-3}$) e 50 mg/m^{-3} ($1,4 \times 10^{-4} \text{ mol dm}^{-3}$);

- CEPA, à concentração de 0 (água destilada), 5×10^{-7} e $5 \times 10^{-4} \text{ mol dm}^{-3}$

Os tratamentos,então, foram compostos das seguintes combinações

(Tab.1):

T1(CEPA (0 mol dm^{-3}) + GA_3 (0 mg dm^{-3})+ KNO_3 (0 mol dm^{-3}) -controle

T2(CEPA (0 mol dm^{-3}) + GA_3 (0 mg dm^{-3})+ KNO_3 (1 mol dm^{-3})

T3(CEPA (0 mol dm^{-3}) + GA_3 (10 mg dm^{-3})+ KNO_3 (0 mol dm^{-3})

T4(CEPA (0 mol dm^{-3}) + GA_3 (10 mg dm^{-3})+ KNO_3 (1 mol dm^{-3})

T5(CEPA (0 mol dm^{-3}) + GA_3 (50 mg dm^{-3})+ KNO_3 (0 mol dm^{-3})

T6(CEPA (0 mol dm^{-3}) + GA_3 (50 mg dm^{-3})+ KNO_3 (1 mol dm^{-3})

T7(CEPA ($5 \times 10^{-7} \text{ mol dm}^{-3}$) + GA_3 (0 mg dm^{-3})+ KNO_3 (0 mol dm^{-3})

T8(CEPA ($5 \times 10^{-7} \text{ mol dm}^{-3}$) + GA_3 (0 mg dm^{-3})+ KNO_3 (1 mol dm^{-3})

T9(CEPA ($5 \times 10^{-7} \text{ mol dm}^{-3}$) + GA_3 (10 mg dm^{-3})+ KNO_3 (0 mol dm^{-3})

T10(CEPA ($5 \times 10^{-7} \text{ mol dm}^{-3}$) + GA_3 (10 mg dm^{-3})+ KNO_3 (1 mol dm^{-3})

T11(CEPA ($5 \times 10^{-7} \text{ mol dm}^{-3}$) + GA_3 (50 mg dm^{-3})+ KNO_3 (0 mol dm^{-3})

T12(CEPA ($5 \times 10^{-7} \text{ mol dm}^{-3}$) + GA_3 (50 mg dm^{-3})+ KNO_3 (1 mol dm^{-3})

T13(CEPA ($5 \times 10^{-4} \text{ mol dm}^{-3}$) + GA_3 (0 mg dm^{-3})+ KNO_3 (0 mol dm^{-3})

T14(CEPA ($5 \times 10^{-4} \text{ mol dm}^{-3}$) + GA_3 (0 mg dm^{-3})+ KNO_3 (1 mol dm^{-3})

T15(CEPA ($5 \times 10^{-4} \text{ mol dm}^{-3}$) + GA_3 (10 mg dm^{-3})+ KNO_3 (0 mol dm^{-3})

T16(CEPA ($5 \times 10^{-4} \text{ mol m}^{-3}$) + GA_3 (10 mg dm^{-3})+ KNO_3 (1 mol dm^{-3})

T17(CEPA ($5 \times 10^{-4} \text{ mol dm}^{-3}$) + GA_3 (50 mg dm^{-3})+ KNO_3 (0 mol dm^{-3})

T18(CEPA ($5 \times 10^{-4} \text{ mol dm}^{-3}$) + GA_3 (50 mg/dm^{-3})+ KNO_3 (1 mol dm^{-3})

O tratamento controle foi representado por sementes apenas imersas em água por 60 min e colocadas para germinar em papel toalha umedecido com água destilada.

Tabela 1. Representação dos tratamentos aplicados às sementes de mamão do grupo “Formosa” nos estádios de maturação 3 e 5. O sinal positivo (+) e o sinal negativo (-) indica presença do regulador de crescimento.

Tratamentos	CEPA $5 \times 10^7 \text{ mol dm}^{-3}$	CEPA $5 \times 10^4 \text{ mol dm}^{-3}$	GA ₃ 10 mg dm^{-3}	GA ₃ 50 mg dm^{-3}	KNO ₃ 1 mol dm^{-3}
T1	-	-	-	-	-
T2	-	-	-	-	+
T3	-	-	+	-	-
T4	-	-	+	-	+
T5	-	-	-	+	-
T6	-	-	-	+	+
T7	+	-	-	-	-
T8	+	-	-	-	+
T9	+	-	+	-	-
T10	+	-	+	-	+
T11	+	-	-	+	-
T12	+	-	-	+	+
T13	-	+	-	-	-
T14	-	+	-	-	+
T15	-	+	+	-	-
T16	-	+	+	-	+
T17	-	+	-	+	-
T18	-	+	-	+	+

Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com quatro repetições por tratamento. Os resultados foram submetidos à análise de variância e as médias obtidas para cada tratamento foram comparadas pelo teste de Scott-Knott (1974). Foram comparadas as médias dos estádios de maturação, dentro dos tratamentos, pelo teste-t. Todos os testes de média empregados foram conduzidos em nível de 5% de probabilidade, utilizando o SigmaPlot e o SAS (Statistical Analysis System, 1999).

3.RESULTADOS E DISCUSSÃO

As sementes-controle (sementes não tratadas com qualquer regulador de crescimento) apresentaram, aos 14 dias após da sementeira, germinação de 66% e porcentagem de plântulas normais de 18% oriundas de sementes no estágio 3 de maturação, enquanto as sementes do estágio 5 apresentaram 73% de germinação e 32% de plântulas normais. As sementes do estágio 5 mostraram maior porcentagem de plântulas normais (teste- t $p \leq 0,05$) (Fig 1).

Sementes de mamão no estágio 3, aos 14 dias após da sementeira, apresentaram aumento de 15 pontos percentuais na porcentagem de plântulas normais em relação às sementes-controle, nos tratamentos CEPA $5 \times 10^{-4}M$ mais KNO_3 (T14, T16 e T18). As sementes do estágio 5 de maturação não foram afetadas pelo CEPA quando tratadas com KNO_3 (T8, T10, T12, T14, T16 e T18), porém, sem o nitrato de potássio, ocorreu redução na germinação de até 25 pontos percentuais em relação as sementes-controle (Fig 1).

As sementes do estágio 3 tratadas com CEPA ($5 \times 10^{-4}M$) e GA_3 (T15 a T18) tenderam a aumentar significativamente a porcentagem de plântulas normais, em relação as sementes-controle, aos 14 dias de germinação (Fig 1). Segundo Burdett e Vidaver (1971), a combinação etileno e giberelina também promoveu a germinação de sementes de alface (*Lactuca sativa* L. cv. Grand Rapids). Os dois hormônios (etileno e giberelina) são requeridos na germinação de sementes de *Arabidopsis thaliana* para o enfraquecimento dos tecidos que envolvem o embrião como endosperma, camada de aleurona e testa (Silverstone et al, 1997; Telfer et al. , 1997; Linkies et al., 2009). Dessa forma, pode-se inferir que essa ação dos reguladores também possibilitou uma maior germinação das sementes de mamão.

Todos os tratamentos com a concentração do CEPA $5 \times 10^{-7}M$ (T7 a T12) promoveu efeito negativo na porcentagem de plântulas normais, aos 14 dias de germinação, nos dois estágios de maturação, reduzindo de 18% para 5% nas sementes do estágio 3 e de 32% para 7% nas sementes do estágio 5 em relação as sementes-controle (Fig 1). O etileno em conjunto

com giberelina ou citocinina promoveu diminuição da porcentagem de germinação de maracujá doce (Zucareli et al., 2003). O etileno e/ou seus inibidores (2-aminoetoxivinilglicina (AVG) e tiosulfato de prata (STS)) não afetaram a germinação de sementes de arroz vermelho (Gianinetti et al., 2007), enquanto o etileno foi importante para a superação da dormência de *Stylosanthes humilis* (Ribeiro e Barros, 2006) e girassol (Matila, 2000).

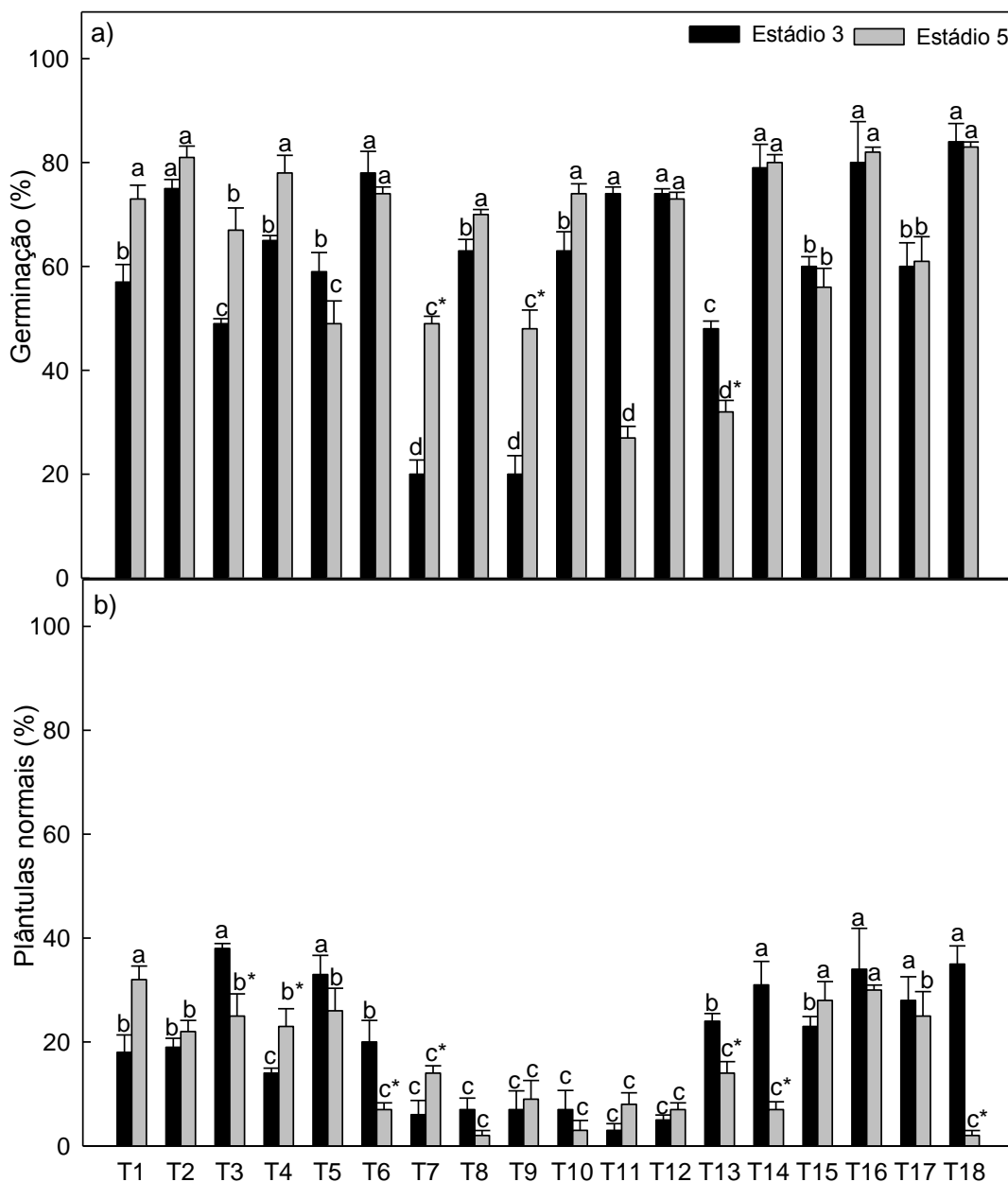


Figura 1. a) Germinação aos 14 dias, **b)** Plântulas normais aos 14 dias em sementes de mamão nos estádios de maturação 3 e 5, submetidas a diferentes tratamentos: T1(CEPA(0mol dm⁻³)+GA₃(0mg dm⁻³)+KNO₃(0mol dm⁻³) - controle; T2(CEPA(0mol dm⁻³

³)+GA₃(0 mg dm⁻³)+KNO₃(1mol dm⁻³); **T3**(CEPA(0mol dm⁻³)+GA₃(10mg dm⁻³)+KNO₃(0mol dm⁻³); **T4**(CEPA(0mol dm⁻³)+GA₃(10mg dm⁻³)+KNO₃(1mol dm⁻³); **T5**(CEPA(0mol dm⁻³)+GA₃(50mg dm⁻³)+KNO₃(0mol dm⁻³); **T6**(CEPA(0mol dm⁻³)+GA₃(50mg dm⁻³)+KNO₃(1mol dm⁻³); **T7**(CEPA(5x10⁻⁷mol dm⁻³)+GA₃(0mg dm⁻³)+KNO₃(0mol dm⁻³); **T8**(CEPA(5x10⁻⁷mol dm⁻³)+GA₃(0mg dm⁻³)+KNO₃(1mol dm⁻³); **T9**(CEPA(5x10⁻⁷mol dm⁻³)+GA₃(10mg dm⁻³)+KNO₃(0mol dm⁻³); **T10**(CEPA(5x10⁻⁷mol dm⁻³)+GA₃(10mg dm⁻³)+KNO₃(1mol dm⁻³); **T11**(CEPA(5x10⁻⁷mol dm⁻³)+GA₃(50mg dm⁻³)+KNO₃(0mol dm⁻³); **T12**(CEPA(5x10⁻⁷mol dm⁻³)+GA₃(50mg dm⁻³)+KNO₃(1mol dm⁻³); **T13**(CEPA(5x10⁻⁴ mol dm⁻³)+GA₃(0mg dm⁻³)+KNO₃(0mol dm⁻³); **T14**(CEPA(5x10⁻⁴mol dm⁻³)+GA₃(0mg dm⁻³)+KNO₃(1mol dm⁻³); **T15**(CEPA(5x10⁻⁴mol dm⁻³)+GA₃(10mg dm⁻³)+KNO₃(0mol dm⁻³); **T16**(CEPA(5x10⁻⁴mol dm⁻³)+GA₃(10mg dm⁻³)+KNO₃(1mol dm⁻³); **T17**(CEPA(5x10⁻⁴mol dm⁻³)+GA₃(50mg dm⁻³)+KNO₃(0mol dm⁻³); **T18**(CEPA(5x10⁻⁴ mol dm⁻³)+GA₃(50mg dm⁻³)+KNO₃(1mol dm⁻³). Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott com 5% de probabilidade.*Diferem entre si pelo teste-t 5% de probabilidade entre os estádios de maturação dentro dos tratamentos.

Não houve diferença na germinação, aos 30 dias após a semeadura, entre sementes dos dois estádios de maturação, obtendo-se valores de 71% (estádio 3) e 81% (estádio 5), e porcentagem de plântulas normais de 71% (estádio 3) e 75% (estádio 5) (Fig 2). Segundo Lopes et al. (2009), sementes de mamão do grupo “Formosa” obtidas de frutos no estágio 3 apresentaram as maiores porcentagens de plântulas normais, em relação às sementes dos demais estádios de maturação. Esses pesquisadores, porém, trabalharam com sementes do grupo “Formosa”, que apresentavam dormência fisiológica, e, portanto, foi necessário o uso de GA₃ para a sua superação. Propõe-se que a sensibilidade aos reguladores de crescimento apresenta diferentes intensidades em cada estágio de maturação das sementes. Dessa forma, os reguladores de crescimento modificaram as respostas das sementes, pois em cada estágio de maturação, as sementes podem apresentar maior ou menor número de receptores disponíveis para a ação dos reguladores (Trewavas, 1982; Firn, 1986, Alberts et al., 2010).

As GAs são conhecidas por aumentarem a porcentagem de germinação de sementes de mamão (Yahiro e Oryoji, 1980; Salomão e Mundim, 2000; Tokuhisa et al.,2007a). Porém, Ramirez (1961), trabalhando com a aplicação de giberelina em sementes de mamão, não observou efeitos positivos na velocidade e na porcentagem de germinação. O GA₃

isolado (T3 e T5), aos 14 dias de germinação, praticamente dobrou a porcentagem de plântulas normais das sementes do estágio 3, de 18% para 35% em relação as sementes-controle. Por outro lado, promoveu redução na porcentagem de plântulas normais em 7 pontos percentuais nas sementes do estágio 5 em relação às sementes-controle, resultando em uma diferença significativa (teste-*t* $p \leq 0,05$) entre os dois estádios de maturação no T3 ($GA_3 10mg/m^{-3}$)(Fig 1).

Segundo Santos et al. (1999), as sementes de mamão do grupo “Solo” recém colhidas apresentaram germinação máxima no estágio 5 de maturação. A porcentagem de plântulas normais das sementes-controle, 30 dias após a semeadura, foi próxima de 73% (Fig. 2). Valores similares foram obtidos por Martins et al. (2006) e Carlesso et al.(2009).

O nitrato de potássio promoveu aumento significativo na germinação das sementes do estágio 3 em 18 e 10 pontos percentuais, aos 14 e 30 dias, respectivamente. Porém, apesar de terem emitido a raiz primária, a maioria das sementes não originou plântulas normais em presença daquele regulador, com redução de 48% e 28% em sementes dos estádios 3 e 5, respectivamente (Figs 1 e 2). Segundo Meireles et al. (2008), o aumento da concentração de potássio na lâmina de água de irrigação no mamão resultou no decréscimo da germinação de sementes de mamão em torno de 30%. Além disso, Tokuhisa (2006) verificou redução na porcentagem de germinação de sementes de mamão do grupo “Formosa”, que não apresentavam dormência, imersas em solução de nitrato de potássio, por 120 min, sob concentração de 1 M. Também Bhattacharya e Khuspe (2001) observaram que as sementes de mamão anteriormente imersas em KNO_3 0,1 M, por 24h, apresentaram redução na porcentagem de plântulas normais.

Outro fator que pode ter influenciado na diminuição de plântulas normais nas sementes tratadas com KNO_3 é o efeito de estresse hídrico e/ou salino, pois a concentração utilizada de 1 M (potencial hídrico de -4,46 MPa), durante 60 min, pode ter causado danos às sementes. A germinação das sementes de mamão é inibida sob níveis de salinidade de 2500 a 3200 ppm de KNO_3 , com o potencial hídrico em torno de -0,22 MPa (Kottenmeier et al., 1983) (Fig.2).

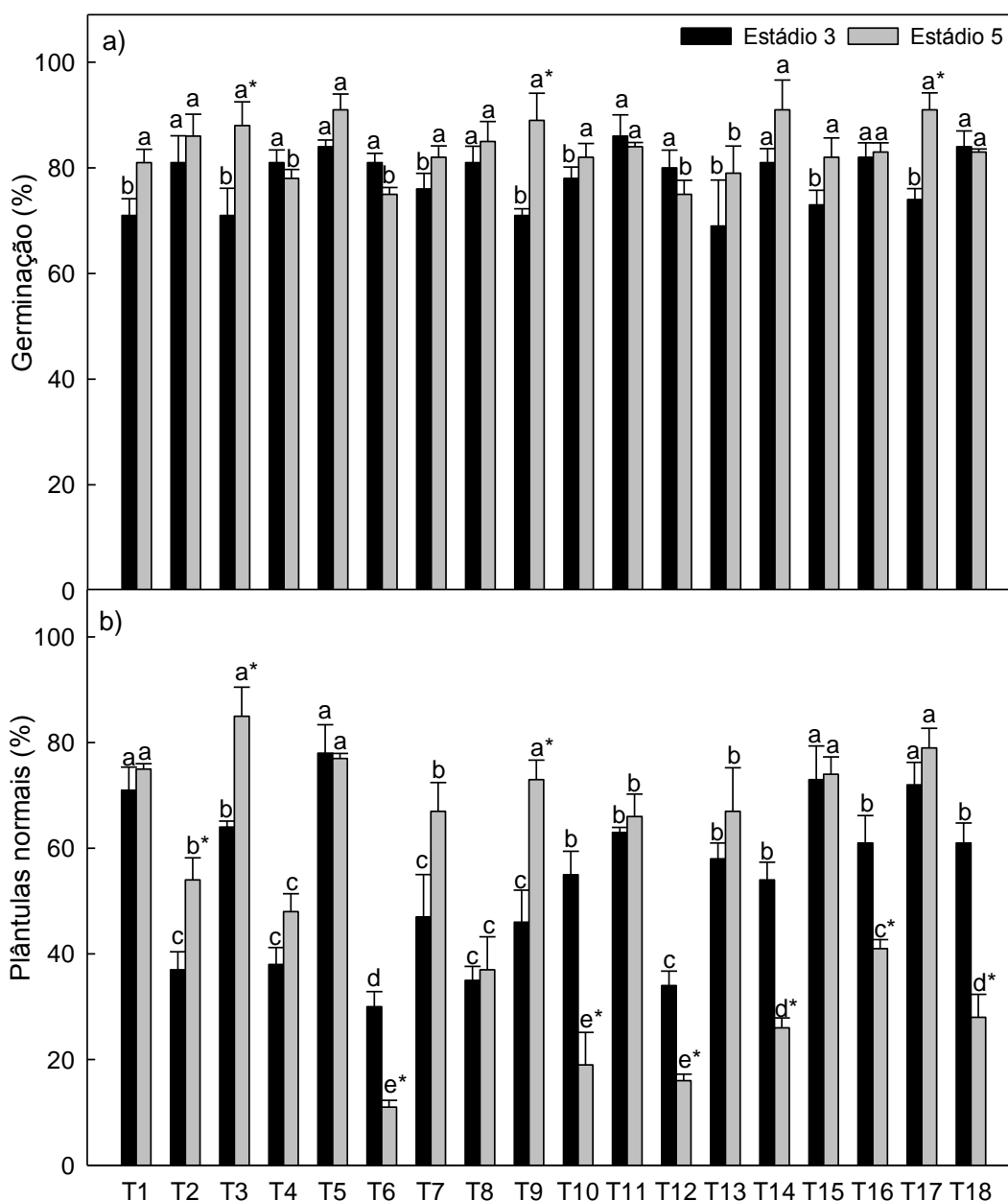


Figura 2. a) Germinação aos 30 dias, **b)** Plântulas normais aos 30 dias em sementes de mamão nos estádios de maturação 3 e 5, submetidas a diferentes tratamentos: **T1**(CEPA(0mol dm⁻³)+GA₃(0mg dm⁻³)+KNO₃(0mol dm⁻³)- controle; **T2**(CEPA(0mol dm⁻³)+GA₃(0 mg dm⁻³)+KNO₃(1mol dm⁻³); **T3**(CEPA(0mol dm⁻³)+GA₃(10mg dm⁻³)+KNO₃(0mol dm⁻³); **T4**(CEPA(0mol dm⁻³)+GA₃(10mg dm⁻³)+KNO₃(1mol dm⁻³); **T5**(CEPA(0mol dm⁻³)+GA₃(50mg dm⁻³)+KNO₃(0mol dm⁻³); **T6**(CEPA(0mol dm⁻³)+GA₃(50mg dm⁻³)+KNO₃(1mol dm⁻³); **T7**(CEPA(5x10⁻⁷mol dm⁻³)+GA₃(0mg dm⁻³)+KNO₃(0mol dm⁻³); **T8**(CEPA(5x10⁻⁷mol dm⁻³)+GA₃(0mg dm⁻³)+KNO₃(1mol dm⁻³); **T9**(CEPA(5x10⁻⁷mol dm⁻³)+GA₃(10mg/m⁻³)+KNO₃(0molm⁻³); **T10**(CEPA(5x10⁻⁷molm⁻³)+GA₃(10mg/m⁻³)+KNO₃(1molm⁻³); **T11**(CEPA(5x10⁻⁷mol dm⁻³)+GA₃(50mg dm⁻³)+KNO₃(0mol dm⁻³); **T12**(CEPA(5x10⁻⁷mol dm⁻³)+GA₃(50mg dm⁻³)+KNO₃(1mol dm⁻³);

³)+GA₃(50mg dm⁻³)+KNO₃(1mol dm⁻³); **T13**(CEPA(5x10⁻⁴ mol dm⁻³)+GA₃(0mg dm⁻³)+KNO₃(0mol dm⁻³); **T14**(CEPA(5x10⁻⁴mol dm⁻³)+GA₃(0 mg dm⁻³)+KNO₃(1mol dm⁻³); **T15**(CEPA(5x10⁻⁴mol dm⁻³)+GA₃(10mg dm⁻³)+KNO₃(0 mol dm⁻³); **T16**(CEPA(5x10⁻⁴mol dm⁻³)+GA₃(10mg dm⁻³)+KNO₃(1mol dm⁻³); **T17**(CEPA(5x10⁻⁴mol dm⁻³)+GA₃(50mg dm⁻³)+KNO₃(0mol dm⁻³); **T18**(CEPA(5x10⁻⁴ mol dm⁻³)+GA₃(50mg dm⁻³)+KNO₃(1mol dm⁻³). Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott com 5% de probabilidade.*Diferem entre si pelo teste-t 5% de probabilidade entre os estádios de maturação dentro dos tratamentos.

As sementes de mamão condicionadas em solução de PEG 6000 (polietilenoglicol) de potencial hídrico de -1MPa, durante 24 horas apresentaram 4% de plântulas normais contra 60% das sementes-controle. A diminuição do potencial hídrico pode estar associada com a redução da disponibilidade e difusibilidade do oxigênio na solução de embebição (Lopes e Souza, 2008).

Os efeitos negativos do KNO₃ no total final de plântulas normais (aos 30 dias após a semeadura) foram potencializados pelo GA₃ (50 mg/m⁻³), com redução da porcentagem de plântulas normais de 42% (estádio 3) e 64% (estádio 5), em relação as sementes-controle (Fig 2).

O tratamento com solução de KNO₃ promoveu aumento no IVE nas sementes dos dois estádios de maturação. Todavia, o IVG foi reduzido com a aplicação desse sal. As sementes do estágio 5 foram as mais sensíveis à imersão na solução de KNO₃, com redução da porcentagem de plântulas normais. Em geral, a aplicação dos reguladores de crescimento em sementes no estágio 3, com exceção de CEPA 5x10⁻⁷M sem KNO₃ (T7, T9, T11 e T13), promoveu aumento do IVE das sementes (Fig 3).

Os reguladores de crescimento como GA₃ e nitrato de potássio foram eficientes em aumentar a velocidade de germinação, além de estimular também a germinação de sementes de mamão (Tokuhisa et al., 2007a, Lopes e Souza, 2008; Lopes et al.,2009), mesmo com redução de porcentagem de plântulas normais (Fig 3).

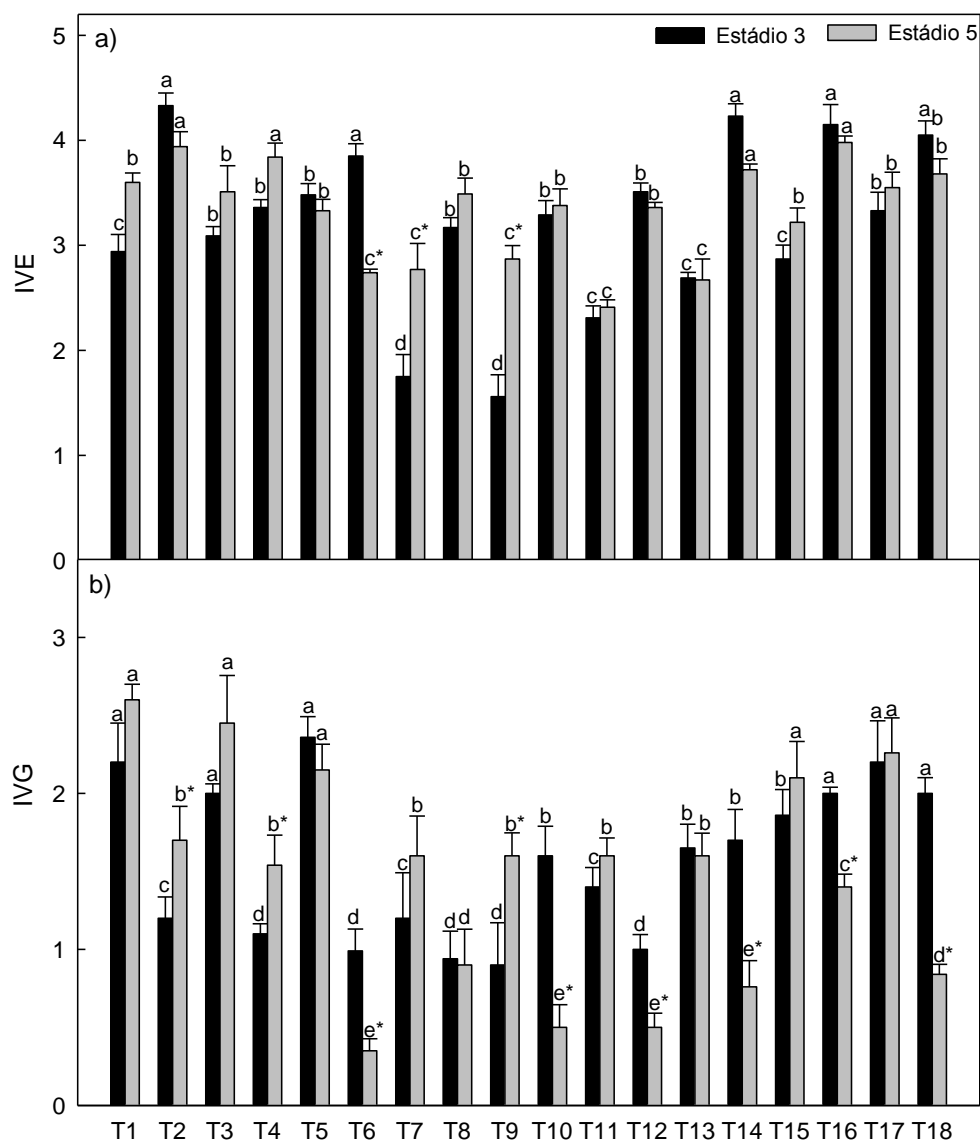


Figura 3. a) IVE e b) IVG de sementes de mamão nos estádios de maturação 3 e 5 submetidas a diferentes tratamentos: T1(CEPA(0mol dm⁻³)+GA₃(0mg dm⁻³)+KNO₃(0mol dm⁻³)- controle; T2(CEPA(0mol dm⁻³)+GA₃(0 mg dm⁻³)+KNO₃(1mol dm⁻³); T3(CEPA(0mol dm⁻³)+GA₃(10mg dm⁻³)+KNO₃(0mol dm⁻³); T4(CEPA(0mol dm⁻³)+GA₃(10mg dm⁻³)+KNO₃(1mol dm⁻³); T5(CEPA(0mol dm⁻³)+GA₃ (50mg m⁻³)+KNO₃(0molm⁻³); T6(CEPA(0molm⁻³)+GA₃(50mg dm⁻³)+KNO₃(1mol dm⁻³); T7(CEPA(5x10⁻⁷molm⁻³)+GA₃(0mg/m⁻³)+KNO₃(0mol dm⁻³); T8(CEPA(5x10⁻⁷mol dm⁻³)+GA₃(0mg dm⁻³)+KNO₃(1mol dm⁻³); T9(CEPA(5x10⁻⁷mol dm⁻³)+GA₃(10mg dm⁻³)+KNO₃(0mol dm⁻³); T10(CEPA(5x10⁻⁷mol dm⁻³)+GA₃(10mg/m⁻³)+KNO₃(1molm⁻³); T11(CEPA(5x10⁻⁷mol dm⁻³)+GA₃(50mg dm⁻³)+KNO₃(0mol dm⁻³); T12(CEPA(5x10⁻⁷mol dm⁻³)+GA₃(50mg dm⁻³)+KNO₃(1mol dm⁻³); T13(CEPA(5x10⁻⁴ mol dm⁻³)+GA₃(0mg dm⁻³)+KNO₃(0mol dm⁻³); T14(CEPA(5x10⁻⁴mol dm⁻³)+GA₃(0mg dm⁻³)+KNO₃(1mol dm⁻³); T15(CEPA(5x10⁻⁴mol dm⁻³)+GA₃(10mg dm⁻³)+KNO₃(0 mol dm⁻³);

T16(CEPA(5×10^{-4} mol dm^{-3})+GA₃(10mg dm^{-3})+KNO₃(1mol dm^{-3}); **T17**(CEPA(5×10^{-4} mol dm^{-3})+GA₃(50mg dm^{-3})+KNO₃(0mol dm^{-3}); **T18**(CEPA(5×10^{-4} mol dm^{-3})+GA₃(50mg dm^{-3})+KNO₃(1mol m^{-3}).Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott com 5% de probabilidade.*Diferem entre si pelo teste-t 5% de probabilidade entre os estádios de maturação dentro dos tratamentos.

4. CONCLUSÕES

As sementes de mamão do grupo “Solo” obtidas de frutos no estágio 5 de maturação($\geq 75\%$ da superfície do fruto amarela) apresentaram maior porcentagem de plântulas normais.

Apesar de a velocidade de germinação haver aumentado nas sementes tratadas com nitrato de potássio, houve diminuição do número de plântulas normais aos 14 dias após a sementeira.

O CEPA 5×10^{-4} M e o GA₃ isoladamente foram responsáveis pelo aumento da porcentagem de plântulas normais, aos 14 dias após a sementeira, nas sementes no estágio 3 de maturação (50% da superfície do fruto amarela).

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABELES FB (1986) Role of ethylene in *Lactuca sativa* 'Grand Rapids' seed germination. *Plant Physiology* **81**:780-787

ALBERTS B, JOHNSON A, LEWIS J, RAFF M, ROBERTS K, WALTER P (2010) *Biologia Molecular da Célula*. 5ª edição. Porto Alegre: Artmed Editora, **Cap** 15:879-964, 1396p

ALBORESI A, GESTIN C, LEYDECKER M-T, BEDU M, MEYER C, TRUONG H-N (2005) Nitrate, a signal relieving seed dormancy in *Arabidopsis*. *Plant Cell and Environment* **28**: 500-512

AROUCHA EMM (2004) Influência do estágio de maturação, da época de colheita e repouso dos frutos e do osmocondicionamento na qualidade fisiológica de sementes de mamão (*Carica papaya* L.). 122 p. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes.

AROUCHA EMM, SILVA RF, OLIVEIRA JG, VIANA AP, GONZAGA MP (2005) Época de colheita e período de repouso dos frutos de mamão (*Carica papaya* L.) cv. Golden na qualidade fisiológica das sementes. *Ciência Rural* **35**: 537-543

BATAK I, DEVIC M, GIBA Z, GRUBISI D, POFF KL, KONJEVIC R (2002) The effects of potassium nitrate and NO-donors on phytochrome A- and phytochrome B-specific induced germination of *Arabidopsis thaliana* seeds. *Seed Science Research* **12**:253–259

BEWLEY J D (1997) Seed germination and dormancy. *Plant Cell* **9**:1055-1066

BHATTACHARYA J, KHUSPE SS (2001) In vitro and in vivo germination of

papaya (*Carica papaya* L.) seeds. *Scientia Horticulturae*, **91**: 39–49

BRASIL (2009) Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regras para análise de sementes. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília, DF: Mapa/ACS, 395p.

BURDETT AN, WE VIDAVER (1971) Synergistic action of ethylene with gibberellins or red light in germinating lettuce seeds. *Plant Physiology* **48**: 656-657

BURIN ME, BARROS RS, RENA AB (1987) Chemical regulation of endogenous dormancy in seed of *Stylosanthes humilis* H.B.K. *Turrialba* **37**:281-285

CARLESSO VO, BERBERT PA, SILVA RF, THIÉBAUT JTL, OLIVEIRA MTR (2009) Germinação e vigor de sementes de mamão (*Carica papaya* L.) cv. Golden secadas em altas temperaturas. *Revista Brasileira de Sementes* **2**: 228-235

CARRERA E, HOLMAN T, MEDHURST A, DIETRICH D, FOOTITT S, THEODOULOU FL, HOLDSWORTH MJ (2008) Seed after-ripening is a discrete developmental pathway associated with specific gene networks in *Arabidopsis*. *The Plant Journal* **53**:214–224

CHANDRA A, ANAND A, DUBEY A (2007) Effect of salicylic acid on morphological and biochemical attributes in cowpea. *Journal of Environmental Biology* **28**: 193-196

COSTA AFS, PAVOCA BEV (2003) Caracterização de cultivares, estratégias e perspectivas de melhoramento genético do mamoeiro. In: MARTINS D S, COSTA AFS (Eds.). *A cultura do mamoeiro: tecnologias de produção*. Vitória, ES: Incaper, p. 58-102

COSTA AFS, MARTINS DS, COSTA AN, FASSIO LH (2005) Evolução da cultura e do mercado mundial de mamão. *Papaya Brasil* p. 647-652

DANTAS JLL, MORALES CFG (1996) Melhoramento genético do mamoeiro. In: MENDES, L. G.; DANTAS, J. L. L.; MORALES, C. F. G.(Eds.) Mamão no Brasil. Cruz das Almas-BA: EUFBA/EMBRAPACNPMF. p. 93-120

FIRN RD (1986) Growth substance sensitivity: the need for clearer ideas, precise terms and purposeful experiments. *Physiologia Plantarum* 67, 267–272.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION – FAO (2011) Faostat. Disponível em <www.fao.org>. Acesso em 15/04/2011

GIANINETTI A, LAARHOVEN LJJ, PERSIJN ST, HARREN FJM, PETRUZZELLI L (2007) Ethylene production is associated with germination but not seed dormancy in red rice. *Annals of Botany* **99**: 735– 745

HOLDSWORTH MJ, BENTSINK L, SOPPE WJJ (2008) Molecular networks regulating Arabidopsis seed maturation, after ripening, dormancy and germination. *New Phytologist* **179**:33–54

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE (2011) Lavoura permanente. <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 12/06/2011

JACOBSEN SE, OLSZEWSKI NE (1993) Mutations at the SPINDLY locus of Arabidopsis alter gibberellin signal transduction. *The Plant Cell* **5** :887–896

KOTTENMEIER W, CHANG J, SIEGEL SM, SIEGEL BZ (1983) Stimulation of growth in papaya and other plants by dilute salt solutions. *Water, Air and Soil Pollution* **20**:447-450

LANGE AH (1961) Effect of the sarcotesta on germination of *Carica papaya*. *Botanical Gazette* **122**:305-311

LEONEL S, ONO EO, RODRIGUES JD (1999) Influência da alternância de temperatura e tratamentos com GA₃, na germinação de sementes de mamoeiro. *Semina* **1**:68-72

LINKIES A, MÜLLER K, MORRIS K, TURECĀKOVA´ V, CADMAN CSC, CORBINEAUF, STRNAD M, LYNN JR, FINCH-SAVAGE WE, LEUBNER-METZGER G (2009) Ethylene interacts with abscisic acid to regulate endosperm rupture during germination: a comparative approach using *Lepidium sativum* and *Arabidopsis thaliana*. *The Plant Cell* **21**: 3803–3822

LOPES HM, SOUZA CM (2008). Efeitos da giberelina e da secagem no condicionamento osmótico sobre a viabilidade e o vigor de sementes de mamão (*Carica papaya* L.). *Revista Brasileira de Sementes* **1**: 181-189

LOPES AWP, SELEGUINI A, BOLIANI AC, CÔRREA L S (2009). Estádio de maturação do fruto e uso do ácido giberélico na germinação de sementes de mamoeiro. *Pesquisa Agropecuária Tropical* **4**: 278-284

LYRA GB, PONCIANO NJ, SOUSA EF, SUGAWARA MT (2007) Modelo de crescimento aplicado ao mamoeiro (*Carica papaya* L.) cultivar UENF/CALIMAM 01. In: REUNIÃO DE PESQUISA DO FRUTIMAMÃO, 3., Anais... Campos dos Goytacazes: UENF/Caliman, p. 146-149 (Boletim Técnico)

MAGUIRE JD (1962) Speed of germination – AID seedling emergence and vigor. *Crop Science* **2**:176-177

MARTINS GN, SILVA RF, PEREIRA MG, ARAÚJO EF, POSSE SCP (2006) Influência do repouso pós-colheita de frutos na qualidade fisiológica de sementes de mamão. *Revista Brasileira de Semente* **28**:142-146

MEIRELES RC, SILVA RF, ARAÚJO EF, REIS LS, LYRA GB, MARINHO A (2009) Influência do nitrogênio e das lâminas de irrigação na qualidade fisiológica das sementes de mamoeiro. *Revista Brasileira de Sementes* **1**: 216-221

MÜLLER K, TINTELNOT S, LEUBNER-METZGER G (2006) Endosperm-limited Brassicaceae seed germination: abscisic acid inhibits embryo-induced endosperm weakening of *Lepidium sativum* (cress) and endosperm rupture of cress and *Arabidopsis thaliana*. *Plant Cell Physiology* **47**:864–877

NAMBARA E, AKAZAWA, T; MCCOURT P (1991) Effects of the gibberellin biosynthetic inhibitor uniconazol on mutants of *Arabidopsis*. *Plant Physiology* **97**: 736–738

RAMIREZ OD (1961) Effect of gibberelic acid on germination of papaya (*Carica papaya* L.) seeds. *Journal Agriculture of the University of Puerto Rico* **45**:188-190

RIBEIRO DM, BARROS RS (2006) Sensitivity to ethylene as a major component in the germination of seeds of *Stylosanthes humilis*. *Seed Science Research* **16**:37–45

RIEFLER M, NOVAK O, STRNAD M, SCHMÜLLING T (2006) *Arabidopsis* cytokinin receptor mutants reveal functions in shoot growth, leaf senescence, seed size, germination, root development, and cytokinin metabolism. *The Plant Cell* **18**: 40-54

SANTOS RCA, SAMPAIO LSV, COSTA JA (1999) Condição ambiental, teor de água e embalagem na viabilidade e no vigor de sementes de mamão. *Revista Brasileira de Sementes* **21**:194-202

SANTOS SA, DALVA RF, PEREIRA MG, ALVES E, MACHADO JC, BORÉM FM, GUIMARÃES RM, MARQUES ER (2009) Estudos morfo-anatômicos de

sementes de dois genótipos de mamão (*Carica papaya* L.). Revista Brasileira de Sementes **2**: 116-122

SAS. SAS Software. Version 9.1. Cary, North Carolina: SAS Institute Inc., 1999

SCOTT AJ, KNOTT M (1974) A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. Biometrics **30**:507-512

SERRANO LAL, CATTANEO LF (2010) Papaya culture in Brazil. Revista Brasileira de Fruticultura **3**:0-0

SILVERSTONE AL, MAK PY, MARTINEZ EC, SUN T (1997) The new RGA locus encodes a negative regulator of gibberellin response in *Arabidopsis thaliana*. Genetics **146** :1087–1099

SINGH RM, SINGH ID (1981) Effect of methods and duration of storage on seed germination and seedling vigor in papaya. Seed Research **9**:67-72

TELFER A, BOLLMAN KM, AND POETHIG RS (1997) Phase change and the regulation of trichome distribution in *Arabidopsis thaliana*. Development **124**: 645–654

TOKUHISA D (2006) Ocorrência e superação da dormência em sementes de mamão (*Carica papaya* L.) em função da época de colheita dos frutos. Dissertação de mestrado- Universidade Federal de Viçosa, 53 p.

TOKUHISA D, DIAS DCFS, ALVARENGA EM, DIAS LAS, MARIN SLD (2007a) Tratamentos para superação da dormência em sementes de mamão. Revista Brasileira de Sementes **3**:131-139

TOKUHISA D, DIAS DCFS, ALVARENGA EM, HILST PC, DEMUNER AJ (2007b). Compostos fenólicos inibidores da germinação em sementes de mamão (*Carica papaya* L.) Revista Brasileira de Sementes **3**(29):180-188

TREWAVAS AJ (1982) Growth substance sensitivity: the limiting factor in plant development. *Physiologia Plantarum* **55**: 60–72

ZHOU L, JANG JC, JONES TL, SHEEN J (1998) Glucose and ethylene signal transduction crosstalk revealed by an *Arabidopsis* glucose-insensitive mutant. *Plant Biology* **95**: 10294–10299

ZUCARELI C, CASTRO MM, OLIVEIRA HR, BRANCALIÃO SR, RODRIGUES JD, ONO EO, BOARO CSF (2003) Fitorreguladores e germinação de sementes de maracujá doce em condições de laboratório. *Scientia Agrária* **1-2**: 9-14

CONCLUSÕES GERAIS

As sementes de mamão dos grupos “Formosa” e “Solo” em diferentes estádios de maturação mostraram-se sensíveis à aplicação dos reguladores de crescimento CEPA, GA₃ e KNO₃, com alterações na germinação e na composição de suas reservas. A porcentagem de plântulas normais, 30 dias após a semeadura das sementes-controle, não diferiu entre as sementes dos dois estádios de maturação do grupo “Solo”, enquanto as sementes do grupo “Formosa” apresentam maior porcentagem de germinação no estágio 5. O KNO₃ contribuiu para aumentar a porcentagem de germinação, porém nas sementes de mamão do grupo “Solo” não houve aumento na porcentagem de plântulas normais. O CEPA afetou negativamente germinação, além de reduzir o consumo de amido das sementes. O GA₃ aumentou a germinação das sementes e o consumo de lipídios.