

VALDINEI SOFIATTI

**APERFEIÇOAMENTO DO USO DE HIPOCLORITO DE SÓDIO
PARA ACELERAR A GERMINAÇÃO DE SEMENTES E A
EMERGÊNCIA DE PLÂNTULAS DE CAFEIRO (*Coffea arabica* L.)**

Tese apresentada à
Universidade Federal de Viçosa,
como parte das exigências do
Programa de Pós-Graduação em
Fitotecnia, para obtenção do título
de *Doctor Scientiae*.

**VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2006**

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

T

S681a
2006

Sofiatti, Valdinei, 1979-

Aperfeiçoamento do uso de hipoclorito de sódio para
acelerar a germinação de sementes e a emergência de
plântulas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) / Valdinei
Sofiatti. – Viçosa : UFV, 2006.

viii, 72f. : il. ; 29cm.

Orientador: Eduardo Fontes Araujo.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de
Viçosa.

Inclui bibliografia.

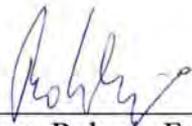
1. Germinação - Efeito de hipoclorito de sódio.
2. Café - Semente. 3. Mudas - Qualidade. I. Universidade
Federal de Viçosa. II. Título.

CDD 22.ed. 631.521

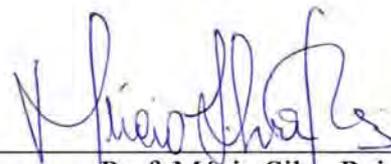
**APERFEIÇOAMENTO DO USO DE HIPOCLORITO DE SÓDIO
PARA ACELERAR A GERMINAÇÃO DE SEMENTES E A
EMERGÊNCIA DE PLÂNTULAS DE CAFEIEIRO (*Coffea arabica* L.)**

Tese apresentada à
Universidade Federal de Viçosa,
como parte das exigências do
Programa de Pós-Graduação em
Fitotecnia, para obtenção do título
de *Doctor Scientiae*.

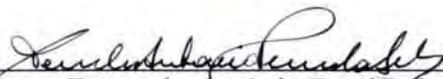
APROVADA: 30 de outubro de 2006



Pesq. Roberto Fontes Araujo
(Co-Orientador)



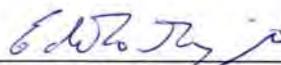
Prof. Múcio Silva Reis
(Co-Orientador)



Pesq. Fernando Antônio Pereira da Silva



Profª. Denise Cunha F. dos Santos Dias



Prof. Eduardo Fontes Araujo
(Orientador)

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Viçosa e, em particular, ao Departamento de Fitotecnia, pela oportunidade de realizar o curso.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudos.

Ao Professor Eduardo Fontes Araujo, pela orientação, pela confiança em mim depositada e pela incansável dedicação, em todos os momentos.

Aos meus conselheiros, Pesquisador Roberto Fontes Araujo e Professor Múcio Silva Reis pelo incentivo e pelas valiosas sugestões durante a condução dos experimentos e redação da tese.

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária do Estado de Minas Gerais (EPAMIG – Centro Tecnológico da Zona da Mata), nas pessoas dos Pesquisadores Roberto Fontes Araujo, Marcelo de Freitas Ribeiro e Antônio Alves Pereira pela doação de parte do material experimental.

A todos os professores envolvidos direta ou indiretamente na minha formação.

Aos amigos do Laboratório de Pesquisa em Sementes, pelos ensinamentos, pela disponibilidade em ajudar e pelos felizes momentos compartilhados.

Aos professores e funcionários do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia.

Aos meus colegas e amigos de república, em especial, Beno, Adeliانو, Fábio, Marcelo e Samuel, pela paciência, pelos ensinamentos e pelos momentos de alegria e descontração.

À minha namorada Lêda Verônica Benevides Dantas Silva, pelo amor e carinho.

À minha família, pela confiança, apoio e compreensão durante toda a minha vida.

Enfim, o meu reconhecimento e a minha gratidão a todos aqueles que, de alguma forma, contribuíram na realização deste trabalho.

BIOGRAFIA

VALDINEI SOFIATTI, filho de Valdemar Raimundo Sofiatti e Mercedes Dal Pozzo Sofiatti, nasceu no dia 10 de setembro de 1979 em Paraí, no Estado do Rio Grande do Sul.

No ano de 2002, concluiu o Curso de Agronomia pela Universidade Federal de Pelotas (UFPel).

Em fevereiro de 2004, concluiu o Curso de Mestrado em Ciência e Tecnologia de Sementes também pela Universidade Federal de Pelotas (UFPel).

Em março de 2004, iniciou na Universidade Federal de Viçosa, o Curso de Doutorado no Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, submetendo-se à defesa de tese em 30 de outubro de 2006.

ÍNDICE

RESUMO	v
ABSTRACT	vii
1. INTRODUÇÃO GERAL	1
2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	7
I. USO DO HIPOCLORITO DE SÓDIO PARA ACELERAR A GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE CAFEIEIRO (<i>Coffea arabica</i> L.) COM DIFERENTES GRAUS DE UMIDADE.....	11
1. INTRODUÇÃO	13
2. MATERIAL E MÉTODOS	14
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	17
4. CONCLUSÕES	28
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	28
II. USO DE HIPOCLORITO DE SÓDIO PARA ACELERAR A EMERGÊNCIA DAS PLÂNTULAS E O DESENVOLVIMENTO DAS MUDAS DE CAFEIEIRO (<i>Coffea arabica</i> L.).....	31
1. INTRODUÇÃO	33
2. MATERIAL E MÉTODOS	35
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	38
4. CONCLUSÕES	49
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	49
III. REIDRATAÇÃO DE SEMENTES DE CAFEIEIRO E UTILIZAÇÃO DO HIPOCLORITO DE SÓDIO PARA ACELERAR A GERMINAÇÃO	52
1. INTRODUÇÃO	54
2. MATERIAL E MÉTODOS	55
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	59
4. CONCLUSÕES	70
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	70

RESUMO

SOFIATTI, Valdinei, D.S., Universidade Federal de Viçosa, outubro de 2006.
Aperfeiçoamento do uso de hipoclorito de sódio para acelerar a germinação de sementes e a emergência de plântulas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.).
Orientador: Eduardo Fontes Araujo. Co-Orientadores: Múcio Silva Reis e Roberto Fontes Araujo.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito das concentrações de hipoclorito de sódio na solução aquosa de pré-embebição de sementes de cafeeiro, com graus de umidade entre 10 e 33%, sobre o desempenho das sementes em condições de laboratório e a emergência das plântulas em condições de viveiro, bem como avaliar o desenvolvimento das mudas. Foram realizados três experimentos utilizando-se sementes de cafeeiro da variedade Catuaí Vermelho IAC 44, as quais foram secadas à sombra até atingirem os graus de umidade desejados. No experimento I, foram realizados cinco ensaios avaliando-se as sementes quanto à germinação e vigor em laboratório. Utilizaram-se cinco graus de umidade das sementes em base úmida (13, 18, 23, 28 e 33%). Cada grau de umidade constituiu um ensaio com 12 tratamentos, formados pelas combinações de cinco concentrações de hipoclorito de sódio na solução de pré-embebição (3, 4, 5, 6 e 7% de cloro ativo) e dois tempos de pré-embebição (3 e 6 horas), além de sementes com pergaminho e sem pergaminho removido manualmente (testemunha). Os resultados mostraram que a pré-embebição das sementes de cafeeiro em hipoclorito de sódio na concentração de 6% de cloro ativo, durante 3 horas, além de degradar o pergaminho eficientemente, proporcionou germinação e índice de velocidade de germinação semelhantes ao tratamento testemunha, quando as sementes apresentavam grau de umidade inicial entre 23 e 33%. Nas sementes com grau de umidade de 18 e 13%, a pré-embebição em hipoclorito de sódio proporcionou desempenho germinativo inferior às sementes sem pergaminho, removido manualmente, independente da combinação entre concentração e tempo de embebição utilizada. Com os melhores tratamentos obtidos no experimento I, foi realizado o experimento II. Utilizaram-se, os mesmos graus de umidade do experimento I, avaliando-se as sementes quanto a percentagem e velocidade de emergência e as mudas quanto ao seu desenvolvimento em condições de viveiro. Cada grau de umidade das sementes originou um ensaio, o qual foi constituído por cinco tratamentos, formados

por sementes pré-embebidas em três concentrações de hipoclorito de sódio (4, 5 e 6% de cloro ativo), durante um período de três horas, além das sementes com pergaminho e sem pergaminho removido manualmente (testemunha). Os resultados mostraram que a pré-embebição das sementes em solução aquosa, contendo hipoclorito de sódio na concentração de 4% de cloro ativo, aumentou a percentagem e a velocidade de emergência das plântulas de cafeeiro, além de ter melhorado o desenvolvimento das mudas em relação às sementes com pergaminho. Esse tratamento com hipoclorito de sódio foi tão eficiente quanto à remoção manual do pergaminho, quando as sementes apresentaram grau de umidade igual ou superior a 23%. No experimento III foram utilizadas sementes apresentando grau de umidade inicial de 10, 15 e 20%. Cada grau de umidade das sementes originou um ensaio. As sementes foram reidratadas até atingirem os graus de umidade de 23 ± 1 e $33\pm 1\%$, utilizando-se quatro métodos de reidratação: 1-reidratação por imersão em água; 2-reidratação por imersão em água com aeração; 3-reidratação por imersão em água corrente e 4-reidratação em rolos de papel toalha umedecidos. Em cada grau de umidade inicial, sementes não reidratadas e também após os tratamentos de reidratação, foram submetidas aos tratamentos de degradação do pergaminho por meio da pré-embebição em solução aquosa contendo hipoclorito de sódio nas concentrações de 5 e 6% de cloro ativo, por um período de 3 horas; além destes tratamentos, para cada grau de umidade inicial das sementes e método de reidratação, foram acrescentados tratamentos constituídos por sementes cujo pergaminho foi removido manualmente após a reidratação, além de um tratamento constituído por sementes sem reidratação, cujo pergaminho foi removido manualmente (testemunha). Os resultados mostraram que a reidratação das sementes em rolos de papel umedecidos ou água corrente até atingirem grau de umidade de 33%, associada à pré-embebição em hipoclorito de sódio, na concentração de 6% de cloro ativo, foi eficiente para degradação do pergaminho e aceleração da germinação, quando as mesmas apresentavam umidade inicial de 15 e 20%.

ABSTRACT

SOFIATTI, Valdinei, D.S., Universidade Federal de Viçosa, October, 2006. **Improved use of the sodium hypochlorite to accelerate the seed germination and emergence of the coffee seedling (*Coffea arabica* L.)** Advisor: Eduardo Fontes Araujo. Co-Advisors: Múcio Silva Reis and Roberto Fontes Araujo.

This study aimed at the evaluation of the effect of sodium hypochlorite concentrations in the aqueous presoaking solution of the coffee seeds with moisture content from 10 to 33% upon the performance of those seeds under laboratory conditions, the emergence of the seedlings under nursery conditions, as well as to evaluate the development of the seedlings. Three experiments were carried out with coffee seeds, variety Catuaí Vermelho IAC 44, that were dried under shadow until reaching the appropriate moisture contents. In experiment I, five assays were accomplished by evaluating the seeds for germination and vigor under laboratory conditions. Five moisture contents of the seeds were used (13, 18, 23, 28 and 33%). Each moisture content constituted an assay with 12 treatments, that were composed by combinations of five sodium hypochlorite concentrations in the presoaking solution (3, 4, 5, 6 and 7% active chlorine) and two presoaking times (3 and 6 hours), besides the seeds with and without endocarp, being this last one manually removed (control). The results showed that, the presoaking of the coffee seeds into sodium hypochlorite at concentration of 6% active chlorine for three hours, besides efficiently degrading the endocarp, also provided both germination and germination speed index similar to the control, when the seeds presented initial moisture level from 23 to 33%. In the seeds showing 18 and 13% moisture level, the presoaking into sodium hypochlorite provided inferior germinative performance, relative to those seeds from which the endocarp was manually removed, independently from combination between the soaking concentration and time used. The experiment II was accomplished with the best treatments obtained in experiment I. The same moisture contents of the experiment I were used, by evaluating the seeds for emergence percent and speed as well as the seedling for development under nursery conditions. Each moisture content of the seeds gave rise to a assay constituted by five treatments, that were composed by seeds presoaked into three sodium hypochlorite concentrations (4, 5 and 6% active chlorine) for a three-hour period, besides the seeds with and without endocarp, being the last one manually

removed (control). The results from experiment II showed that presoaking the seeds into aqueous solution containing sodium hypochlorite at concentration of 4% active chlorine rather increased the percentage and emergence speed of the coffee seedlings, besides improving the development of the seedlings, relative to the seeds with endocarp. This treatment with sodium hypochlorite showed to be as efficient as the manual removal of the endocarp, when the seed moisture contents were equal or higher than 23%. In experiment III, the seeds owing initial moisture level of 10, 15 and 20% were used. Each moisture level of the seeds gave rise to one assay. The seeds were rehydrated until reaching the moisture contents 23 ± 1 and $33\pm 1\%$, by using four rehydration methods: 1-rehydration by soaking into water; 2-rehydration by soaking into aerated water; 3-rehydration by soaking into running water; and 4-rehydration in towel paper rolls moistened. The non-hydrated seeds at each initial moisture content and also after hydration treatments were subjected to the treatments for degradation of the endocarp by presoaking into aqueous solution containing sodium hypochlorite at concentrations of 5 and 6% active chlorine for three-hour period. In addition, for each initial moisture content of the seeds and each rehydration method, some treatments were accomplished with seeds from which the endocarp was manually removed after rehydration, as well as one treatment constituted by rehydrationless seeds, from which the endocarp was also manually removed (control). The results showed that rehydration of the seeds in running water or towel paper rolls moistened until reaching 33% moisture level, associated to presoaking into sodium hypochlorite at concentration of 6% active chlorine, was efficient for either degradation of the endocarp and acceleration of germination, when seeds showed 15 and 20% for initial moisture content.

1. INTRODUÇÃO GERAL

As plantas de cafeeiro da espécie *Coffea arabica* L. são autoférteis e bastante uniformes geneticamente, uma vez que a espécie possui altas taxas de autofecundação, sendo, comumente, propagada por sementes (RENA & MAESTRI, 1986). Assim, a implantação de cafezais com cultivares da espécie *C. arabica* é realizada a partir de mudas formadas por sementes. Entre as vantagens da utilização de sementes na formação de mudas de cafeeiro, podem ser enumeradas a facilidade de plantio, a redução do custo de formação do cafezal e o desenvolvimento radicular em profundidade (MATIELLO, 1991; MARTINEZ et al., 2004).

Nos últimos anos, novas tecnologias e métodos de cultivo, como o plantio em espaçamentos menores, introdução de cultivares melhorados e avanços no manejo de pragas e doenças, vêm sendo disponibilizados aos produtores de café, possibilitando aumentos significativos na produtividade da cultura. No entanto, a germinação lenta e desuniforme das sementes, ainda constitui um dos grandes empecilhos à produção de mudas de qualidade, causando dificuldades para instalação da cultura no campo (SGUAREZI et al., 2001). Outro problema que ocorre é a rápida perda do poder germinativo das sementes, as quais apresentam redução acentuada da viabilidade, após quatro a seis meses de armazenamento (VASCONCELOS et al., 1992), dificultando a preservação de seus estoques (SANTOS et al., 2003). A redução no período compreendido entre a sementeira e emergência das plântulas é um aspecto de grande relevância para a cafeicultura, pois possibilitaria a sementeira, para obtenção de mudas, em ocasião mais adequada (PERTEL et al., 2001).

Embora muitos trabalhos tenham sido realizados para evidenciar as reais causas da germinação lenta e desuniforme das sementes de cafeeiro, a pesquisa ainda não chegou a um consenso. Grande parte dos estudos realizados mostra que a inibição da germinação das sementes de cafeeiro ocorre devido à presença do pergaminho (VALIO, 1980; GUIMARÃES et al., 1998; CARVALHO et al., 1999; ARAUJO et al., 2004). Entretanto, há controvérsias sobre a real causa desta inibição pelo pergaminho, sendo a presença de inibidores uma das hipóteses sugeridas. Mais recentemente, a presença de inibidores no espermoderme (película prateada em volta da semente) também tem sido apontada como uma das causas da germinação lenta e desuniforme (PEREIRA et al., 2002).

A remoção completa do pergaminho nas sementes de cafeeiro não altera a absorção de água em relação às sementes intactas (VALIO, 1980), evidenciando que o pergaminho não impõe restrição à absorção de água. Valio (1980) também efetuou pequenas incisões no pergaminho de sementes de cafeeiro e não encontrou diferenças de germinação em relação às sementes intactas, o que sugere que esta estrutura também não altera a permeabilidade a gases.

A presença de reguladores de crescimento como o ácido abscísico (ABA) poderia ocasionar inibição da germinação, como se verifica em sementes de muitas espécies vegetais. Dessa forma, Valio (1976) verificou que a aplicação exógena de ABA em embriões isolados ocasionou redução do crescimento, enquanto a aplicação exógena de ácido giberélico (GA_3) não reduziu o crescimento do embrião. A aplicação exógena de ABA em sementes de cafeeiro sem pergaminho foi testada por Valio (1980), em concentrações entre $4 \cdot 10^{-8}$ e $4 \cdot 10^{-5}$ M, não ocasionando alteração na percentagem de germinação, em relação à água destilada (controle). De acordo com os resultados obtidos, a inibição da germinação de sementes de cafeeiro pelo ABA foi pouco evidente.

Após verificar a inibição da germinação pela presença do pergaminho nas sementes, Valio (1980) realizou um bioensaio para verificar o efeito de extratos metanólicos, extraídos do pergaminho, na própria semente de cafeeiro desprovida desta estrutura. O extrato metanólico, extraído do pergaminho, poderia conter substâncias inibidoras da germinação das sementes; entretanto, a aplicação de extratos de 6 e 9g de pergaminho não alterou a germinação em relação ao tratamento controle, levando o autor a concluir que a inibição da germinação pela presença do pergaminho não era devido à presença de substâncias inibidoras.

As sementes de cafeeiro liberam elevadas quantidades de cafeína, durante a germinação (BAUMANN & GABRIEL, 1984). Alguns estudos indicaram efeito alelopático de cafeína, extraída das folhas de cafeeiro, sobre a germinação das sementes de *Amaranthus spinosus* (RIZVI et al., 1980). Baumann e Gabriel (1984) sugerem que a cafeína, liberada pelas sementes de cafeeiro no solo, protege as plântulas de cafeeiro contra os competidores, durante a fase de germinação.

O efeito de concentrações exógenas de 0 a 20 mM de cafeína na germinação de sementes de cafeeiro sem pergaminho foi estudado por Friedman e Waller (1983). A alongação do hipocótilo foi inibida em todas as concentrações de cafeína, enquanto que

a concentração exógena de 10 mM inibiu, totalmente, o crescimento radicular; a concentração endógena de cafeína nas sementes embebidas variou entre 40 e 60 mM. Os autores também testaram a inibição da mitose das células da raiz da plântula pela aplicação exógena de cafeína e verificaram que concentrações de 10 mM na solução de embebição, durante um período de 24 horas, inibiram completamente a mitose. Também relataram que, entre o primeiro e o quarto dia após o início do processo germinativo, caracterizado pela alongação do hipocótilo, não se observaram divisões celulares mitóticas na radícula e nem no hipocótilo. A primeira divisão celular mitótica da radícula ocorreu, somente, após o alongamento do hipocótilo de 1 a 3 mm, quando a radícula estava fora do endosperma da semente, o que ocorreu entre 5 e 6 dias após o início do processo germinativo. Estes resultados sugerem que a separação espacial das regiões do embrião onde ocorre a mitose e o endosperma, que é rico em cafeína, é a forma de autoproteção das sementes de cafeeiro contra os efeitos tóxicos da cafeína.

Estudos visando identificar substâncias inibidoras presentes no pergaminho e no espermoderme de sementes de cafeeiro foram realizados por Pereira et al. (2002). Os autores realizaram bioensaios em sementes de alface com extratos extraídos do pergaminho (5, 10 e 20%) e do espermoderme (20%), além de um tratamento testemunha. Os extratos provenientes do espermoderme reduziram, drasticamente, a germinação das sementes de alface, enquanto que os extratos do pergaminho (10 e 20%) proporcionaram menores reduções na germinação. Os extratos do espermoderme foram submetidos a um fracionamento bidirecionado, sendo verificado que a substância inibidora encontrava-se na fase metanólica. A substância ativa foi isolada, sendo identificada como cafeína. Os autores atribuíram a lenta germinação de sementes de cafeeiro à presença de cafeína no espermoderme.

Quando se comparam os resultados obtidos por Pereira et al. (2002) e Valio (1980), verifica-se que ambos utilizaram bioensaios para identificar a presença de substâncias inibidoras. Entretanto, Valio (1980) realizou bioensaio com extratos metanólicos do pergaminho na própria semente de cafeeiro sem pergaminho, sendo verificado inibição da germinação, enquanto Pereira et al. (2002) verificaram redução na germinação das sementes de alface com extratos metanólicos do pergaminho. Dessa forma, pode-se afirmar que a cafeína inibe a germinação de sementes de alface e de outras espécies, apresentando efeito alelopático sobre a germinação (RIZVI et al., 1980; PEREIRA et al., 2002; SANTOS et al., 2003). Entretanto, resta a dúvida se a cafeína

liberada pelo espermodermite e pelo pergaminho das sementes de cafeeiro ocasiona auto-inibição da germinação, pois Pereira et al. (2002) não realizaram bioteste, aplicando o extrato na própria semente de cafeeiro. Por outro lado, Friedman e Waller (1983) verificaram inibição na germinação das sementes de cafeeiro sem pergaminho, mediante a aplicação exógena de cafeína, além de verificar que a mitose nas células radiculares ocorre, somente, quando o eixo embrionário sai do endosperma, evitando os possíveis efeitos tóxicos da cafeína, sendo esta uma maneira de autoproteção da semente. Em algumas situações, as substâncias inibidoras têm efeito, somente, em sementes de outras espécies e não nas sementes de onde são extraídas (JUNTTILA, 1976; BEWLEY & BLACK, 1994), sendo este efeito, tipicamente, alelopático.

Além da possível inibição ocasionada pela presença de cafeína no pergaminho ou no espermodermite, assim como no próprio endosperma, a limitação física ao crescimento do embrião, imposta pelo pergaminho, é uma das mais prováveis causas da lenta germinação de sementes de cafeeiro (VALIO, 1980). Esse autor realizou experimentos, comparando a germinação de sementes intactas, sementes sem pergaminho, sementes com uma parte do pergaminho removido no lado oposto ao embrião e sementes com uma parte do pergaminho removido do lado do embrião. Os resultados mostraram que as sementes germinavam, quando o pergaminho era removido totalmente ou do lado do embrião, sendo que a remoção do lado oposto ao embrião não foi suficiente para promover a germinação. Segundo o autor, a inibição da germinação de sementes ocorreu devido ao impedimento físico do pergaminho ao crescimento do embrião.

A remoção do pergaminho tem se mostrado eficiente na aceleração da germinação em laboratório (ARAUJO et al., 2004), bem como na aceleração da emergência em condições de viveiro (CARVALHO et al., 1999). O pergaminho da semente de cafeeiro é uma parte anatômica, envolvendo o endosperma, que está localizado imediatamente após a camada mucilaginosa do fruto, representando cerca de 12% da massa seca da semente (ELÍAS, 1978). Bressani et al. (1972) estudaram a composição química do pergaminho e verificaram que ele apresenta 92,8% de massa seca, 0,6 de extrato etéreo (gorduras), 2,4% de proteínas, 0,5% de cinzas (minerais) e 70% de fibra bruta. O fracionamento dos carboidratos presentes no pergaminho revelou elevada percentagem de lignina (24,4%) e carboidratos estruturais, tais como pentoses (20,30%) e hexoses (45,9%), conforme apresentado por Elías (1978). A lignina é um

dos principais carboidratos estruturais presentes na parede celular e proporciona rigidez à mesma. Verifica-se que o pergaminho tem como principal constituinte as fibras, sendo a elevada presença de lignina, provavelmente, um dos fatores que o tornam de difícil decomposição, principalmente em ambiente com reduzida presença de microrganismos. Dessa forma, as células do pergaminho apresentam-se muito rígidas, devido à presença de lignina, fazendo com que sua decomposição ocorra lentamente, mesmo em condições de viveiro, onde há presença de microrganismos.

Como o embrião encontra-se muito superficial nas sementes, normalmente a remoção mecânica do pergaminho causa-lhe danos, reduzindo a germinação das mesmas (CARVALHO et al., 1999; ARAUJO et al., 2004). A remoção manual, por sua vez, é extremamente trabalhosa, causando empecilhos à sua utilização, principalmente entre os viveiristas que manipulam grande quantidade de sementes. Pelo fato de a remoção mecânica do pergaminho causar danos ao embrião, seria interessante o desenvolvimento de um método barato, de fácil execução e eficiente na degradação do pergaminho, sem causar danos ao embrião. Neste sentido, Meireles (2004) mostrou que a pré-embebição de sementes de cafeeiro com grau de umidade de 28%, durante um período de 6 e 12 horas, em solução aquosa de hipoclorito de sódio, contendo 5% de cloro ativo, foi eficiente na degradação do pergaminho das sementes sem causar danos ao embrião, proporcionando melhor germinação das sementes em condições de laboratório, além de a mesma ser mais rápida e uniforme. Entretanto, o teste foi realizado somente com sementes apresentando grau de umidade de 28%.

O modo como o hipoclorito de sódio atua na degradação do pergaminho de sementes de cafeeiro ainda é desconhecido. Na indústria da celulose, este produto químico é utilizado como fonte de cloro para degradação da lignina. Como o pergaminho de sementes de cafeeiro apresenta elevado conteúdo de lignina em sua composição, é provável que a atuação do hipoclorito de sódio ocorra na fração lignina da parede celular de suas células.

O cloro é parcialmente solúvel em meio aquoso, apresentando-se nas formas de cloro molecular (Cl_2) e ácido hipocloroso (HClO), as quais se encontram em equilíbrio na solução, apresentando, aproximadamente, a mesma quantidade dos dois compostos com pH 2,0 a 25°C (HISE, 1996). O cloro molecular em solução aquosa está em equilíbrio com o ácido clorídrico (HCl) e ácido hipocloroso (HClO), os quais se dissociam para liberar hidrogênio. O pH é o fator mais importante no controle da forma

com que o cloro se apresenta na solução. Assim, o aumento na concentração de íons hidrogênio (diminuição do pH) leva a um aumento na concentração de cloro molecular. Por outro lado, a diminuição na concentração de íons hidrogênio (aumento do pH) favorece a formação de ácido hipocloroso e, finalmente, de íons hipoclorito (HISE, 1996).

Na indústria da celulose, tem-se verificado que o cloro molecular presente na solução reage, basicamente, com a lignina, fazendo com que ocorra oxidação, substituição ou adição de cloro no anel aromático presente na molécula de lignina. Por outro lado, o ácido hipocloroso promove somente oxidação, não sendo tão seletivo quanto o cloro molecular, reagindo também com os carboidratos (DENCE, 1996; HISE, 1996).

O uso de solução de hipoclorito de sódio na pré-embebição de sementes de cafeeiro, visando à degradação do pergaminho, vem se mostrando uma técnica promissora para acelerar a germinação de sementes, em condições de laboratório. No entanto, há necessidade de aperfeiçoamento da técnica, pois foram testadas, somente, em sementes apresentando grau de umidade de 28%. As sementes de cafeeiro, por serem classificadas na categoria “intermediária” quanto ao comportamento no armazenamento (ELLIS et al., 1990), podem ser armazenadas com umidade de até 48%, tolerando a dessecação até 10%, sendo que em umidades inferiores a esta, ocorre redução da viabilidade. Mesmo podendo ser armazenadas em uma ampla faixa de umidade, as sementes apresentam curta longevidade, sendo que, após quatro a seis meses, elas perdem a viabilidade (VASCONCELOS et al., 1992). Na literatura há controvérsias quanto à umidade adequada ao armazenamento de sementes. Entretanto, parte significativa dos trabalhos mostra maior longevidade das sementes quando conservadas com elevados graus de umidade, normalmente acima de 35% (VALIO, 1976; VOSSEN, 1979; SILVA & DIAS, 1985; ARAUJO, 1988; BARBOZA & HERRERA, 1990; VASCONCELOS et al., 1992; DIAS & BARROS, 1993).

Dessa forma, as sementes de cafeeiro são armazenadas e comercializadas numa ampla faixa de graus de umidade. Como a técnica de degradação do pergaminho com hipoclorito de sódio foi testada, somente, com sementes apresentando grau de umidade de 28%, novos experimentos devem ser realizados no sentido de comprovar a eficiência da técnica em sementes com diferentes graus de umidade. A eficiência da pré-embebição de sementes em solução aquosa, contendo hipoclorito de sódio, na

degradação do pergaminho e na aceleração da germinação, também deve ser testada em condições de viveiro, visando o aperfeiçoamento da técnica e sua possível adoção pelos viveiristas.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito das concentrações de hipoclorito de sódio na solução aquosa de pré-embrição de sementes de cafeeiro, com graus de umidade entre 10 e 33%, sobre o desempenho das sementes em condições de laboratório e a emergência das plântulas em condições de viveiro, bem como avaliar o desenvolvimento das mudas.

2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, E.F.; REIS, L.S.; MEIRELES, R.C.; SERRANO, L.A.L. Efeito da danificação mecânica e da remoção manual do pergaminho sobre a emergência das plântulas de *Coffea arabica* L. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, v. Especial Café, n.8, p. 1-5, 2004.

ARAÚJO, R.F. **Influência do teor de umidade, da embalagem e do ambiente de armazenamento na conservação de sementes de café (*Coffea arabica* L.)**. 1988. 56 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

BARBOZA, R.; HERRERA, J. El vigor en la semilla de café y su relación con la temperatura de secado, el contenido de humedad y las condiciones de almacenamiento. **Agronomía Costarricense**, v.14, n.1, p. 1-8, 1990.

BAUMANN, T.W.; GABRIEL, H. Metabolism and excretion of caffeine during germination of *Coffea arabica* L. **Plant e Cell Physiology**, Zurich, v.25, n.8, p. 1431-1436, 1984.

BEWLEY, J.D.; BLACK, M. **Seeds: physiology of development and germination**. 2. ed. New York: Plenum, 1994. 445 p.

BRESSANI, R.; ESTRADA, E.; JARQUIN, R. Pulpa y pergaminho de café. I. Composición química y contenido de aminoácidos de la proteína de la pulpa. **Turrialba**, v.22, n.3, p. 299-304, 1972.

CARVALHO, G.R.; PASQUAL, M.; GUIMARÃES, R.J.; MENDES, A.N.G.; BEARZOTI, E.; FALCO, L. Efeito do tratamento de sementes na emergência e desenvolvimento de mudas de cafeeiro *Coffea arabica* L. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.23, n.4, p. 799-807, 1999.

DENCE, C.W. Chemistry of chemical pulp bleaching. In: DENCE, C.W.; REEVE, D.W. **Pulp bleaching – principles and practice**. Atlanta, Georgia-USA: Tappi Press, 1996. Seção III, cap. 3, p. 125-159.

DIAS, C.L.L.; BARROS, A.S.R. Conservação de sementes de café (*Coffea arabica* L.) em diferentes embalagens. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.15, n.2, p. 197-202, 1993.

ELÍAS, L.G. Composición química de la pulpa de café y otros subproductos. In: BRAHAM, J.E.; BRESSANI, R. **Pulpa de café – composición, tecnología y utilización**. Bogotá, Colombia: Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá, 1978. cap. 2, p. 19-29.

ELLIS, R.H.; HONG, T.D.; ROBERTS, E.H. An intermediate category of seed storage behaviour? I. Coffee. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v.41, n.230, p. 1167-1174, 1990.

FRIEDMAN, J.; WALLER, G. Caffeine hazards and their prevention in germinating seeds of coffee (*Coffea arabica* L.). **Journal of Chemical Ecology**, v.9, n.8, p. 1099-1106, 1983.

GUIMARÃES, J.R.; FRAGA, A.C.; MENDES, A.N.G.; CARVALHO, M.L.M.D.; PASQUAL, M.; CARVALHO, G.R. Efeitos da citocinina, giberelina e remoção do endocarpo na germinação de sementes de cafeeiro (*Coffea arabica* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.22, n.3, p. 390-396, 1998.

HISE, R. Chlorination. In: DENCE, C.W.; REEVE, D.W. **Pulp bleaching – principles and practice**. Atlanta, Georgia-USA: Tappi Press, 1996. Seção IV, cap. 2, p. 241-259.

JUNTILA, O. Germination inhibitors in fruit extracts of red beet (*Beta vulgaris* cv. *rubra*). **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v.27, n.99, p. 827-836, 1976.

MARTINEZ, H.E.P.; TOMAZ, M.A.; SAKIYAMA, N.S. **Guia de acompanhamento das aulas práticas de cafeicultura**. Viçosa: Editora da UFV, 2004. 57 p.

MATIELLO, J.B. **O café do cultivo ao consumo**. São Paulo: Editora Globo, 1991. 320 p.

MEIRELES, R.C. **Efeito do hipoclorito de sódio e da embebição em água na germinação das sementes de café (*Coffea arabica* L.)**. 2004. 56 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia). Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

PEREIRA, C.E.; VON PINHO, E.V.R.; OLIVEIRA, D.F.; KIKUTI, A.L.P. Determinação de inibidores da germinação no espermoderma de sementes de café (*Coffea arabica* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.24, n.1, p.306-311, 2002.

PERTEL, J.; DIAS, D.C.F.S.; DIAS, L.A.S.; ALVARENGA, E.M. Efeito do condicionamento fisiológico na germinação e no vigor de sementes de café (*Coffea arabica* L.). **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, v. Especial Café, n. 3, p. 39-45, 2001.

RENA, A.B.; MAESTRI, M. Fisiologia do cafeeiro. In: RENA, A. B.; MALAVOLTA, E.; ROCHA, M.; YAMADA, T. **Cultura do cafeeiro: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1986. p. 13-85.

RIZVI, S.J.H.; MUKERJI, D.; MATHUR, S.N. A new report on a possible source of natural herbicide. **Indian Journal of Experimental Biology**, v.18, p. 777-778, 1980.

SANTOS, C.G.; PAIVA, R.; PAIVA, P.D.O.; PAIVA, E. Indução e análise bioquímica de calos obtidos de segmentos foliares de *Coffea arabica* L., cultivar Rubi. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.27, n.3, p. 571-577, 2003.

SGUAREZI, C.N.; BRACCINI, A.L.; SCAPIM, C.A.; BRACCINI, M.C.L.; DALPASQUALE, V.A. Avaliação de tratamentos pré-germinativos para melhorar o desempenho de sementes de café (*Coffea arabica* L.). II. Processo de umidificação. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.23, n.2, p. 162-170, 2001.

SILVA, W.R.D.; DIAS, M.C.L.D.L. Interferência do teor de umidade das sementes de café na manutenção de sua qualidade fisiológica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.20, n.5, p. 551-560, 1985.

VALIO, I.F.M. Germination of coffee seeds (*Coffea arabica* L. cv. Mundo Novo). **Journal of Experimental Botany**, v.27, n.100, p. 983-991, 1976.

VALIO, I.F.M. Inhibition of germination of coffee seeds (*Coffea arabica* L.) cv. Mundo Novo by the endocarp. **Journal of Seed Technology**, East Lansing, v.5, n.1, p. 32-39, 1980.

VASCONCELOS, L.M.; GROTH, D.; RAZERA, L.F. Efeito de processos de secagem, diferentes graus de umidade e tipos de embalagens na conservação de sementes de café (*Coffea arabica* L. cv. Catuaí Vermelho). **Revista Brasileira de Sementes**, v.14, n.2, p. 181-188, 1992.

VOSSSEN, H.A.M. Methods of preserving the viability of coffee seed in storage. **Seed Science and Technology**, Zürich, v.7, p. 65-74, 1979.

I. USO DO HIPOCLORITO DE SÓDIO PARA ACELERAR A GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE CAFEIEIRO (*Coffea arabica* L.) COM DIFERENTES GRAUS DE UMIDADE

RESUMO - O objetivo do presente trabalho foi estudar combinações entre concentrações de hipoclorito de sódio e tempos de pré-embebição que proporcionem maior velocidade de germinação das sementes de cafeeiro com graus de umidade entre 13 e 33% em base úmida. Utilizaram-se sementes de cafeeiro arábica, variedade Catuaí Vermelho IAC 44, com umidade inicial de 40%. As sementes foram secadas à sombra até atingirem as umidades desejadas. Foram realizados cinco ensaios, um para cada grau de umidade das sementes (13, 18, 23, 28 e 33%). Cada ensaio foi constituído por 12 tratamentos, formados pelas combinações de 5 concentrações de hipoclorito de sódio na solução de pré-embebição (3, 4, 5, 6 e 7% de cloro ativo) e 2 tempos de pré-embebição (3 e 6 horas), além de sementes com pergaminho e sem pergaminho, removido manualmente (testemunha). As sementes foram avaliadas por meio dos testes de primeira contagem de germinação, germinação, índice de velocidade de germinação e classificação do vigor das plântulas. Os resultados mostraram que a pré-embebição das sementes de cafeeiro em hipoclorito de sódio na concentração de 6% de cloro ativo, durante 3 horas, além de degradar o pergaminho eficientemente, proporcionou germinação e índice de velocidade de germinação semelhantes ao tratamento testemunha, quando as sementes apresentavam grau de umidade inicial entre 23 e 33%. Nas sementes com grau de umidade de 18 e 13%, a pré-embebição em hipoclorito de sódio proporcionou desempenho germinativo inferior às sementes sem pergaminho, removido manualmente, independente da combinação entre concentração e tempo de embebição utilizada.

Palavras-chave: hipoclorito de sódio, degradação do pergaminho, sementes, cafeeiro.

USE OF THE SODIUM HYPOCHLORITE TO ACCELERATE THE
GERMINATION IN COFFEE SEEDS (*Coffea arabica* L.) AT DIFFERENT
MOISTURE CONTENTS

SUMMARY - The objective of this work was to evaluate the combinations between sodium hypochlorite concentrations and presoaking times that would provide higher germination of coffee seeds with moisture contents from 13 to 33% (w.b.). Some *C. arabica* coffee seeds, Catuaí Vermelho IAC 44 variety, with 40% initial moisture content were used. The seeds were dried under shadow until reaching the desired moisture contents. Five assays were accomplished, being one for each moisture content of the seeds (13, 18, 23, 28 and 33%). Each assay consisted of 12 treatments, being each one composed by combinations of five sodium hypochlorite concentrations (3, 4, 5, 6 and 7% active chlorine) in the presoaking solution and two presoaking times (3 and 6 hr), besides the seeds with or without endocarp that were manually removed (control). The seeds were evaluated, by using the following tests: first germination counting, germination, germination speed index and seedling vigor. According to the results, the presoaking of the coffee seeds into sodium hypochlorite at 6% concentration of active chlorine for three hours promoted an efficient degradation of the endocarp, besides providing germination speed index similar to the control, when seeds showed initial moisture content between 23 and 33%. In those seeds with moisture content at 18 and 13%, the presoaking into sodium hypochlorite led to an inferior germination performance of the seeds relative to those seeds without endocarp that was manually removed, independent from the combination between concentration and the presoaking time.

Keywords: sodium hypochlorite, endocarp degradation, seeds, coffee.

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, novas tecnologias e métodos de cultivo, como o plantio em espaçamentos menores, introdução de cultivares melhorados e avanços no manejo de pragas e doenças, vêm sendo disponibilizados aos produtores de café, possibilitando aumentos significativos na produtividade da cultura. No entanto, a germinação das sementes de maneira lenta e desuniforme ainda constitui grande empecilho à produção de mudas de qualidade, causando dificuldades à instalação da cultura no campo (SGUAREZI et al., 2001).

Existem diversas hipóteses sobre as causas dos problemas na germinação, sendo a presença do pergaminho na semente a mais provável (VALIO, 1980; GUIMARÃES et al., 1998; CARVALHO et al., 1999). Entretanto, a pesquisa ainda não conseguiu esclarecer todos os mecanismos que trazem tais prejuízos ao processo germinativo.

De acordo com Valio (1980), a inibição da germinação das sementes de cafeeiro pelo pergaminho não é devido à impermeabilidade à água ou a gases, nem à presença de substâncias inibidoras, mas, provavelmente, causada por impedimento mecânico ao crescimento do embrião.

A retirada do pergaminho é uma prática eficiente para aceleração do processo germinativo de sementes de cafeeiro (GUIMARÃES et al., 1998). Araujo et al. (2004) relatam que a remoção desta estrutura deve ser realizada cuidadosamente, uma vez que o embrião está localizado em camada superficial da semente. Esses autores observaram que a remoção manual foi o método mais eficaz para o aumento na porcentagem e aceleração da germinação, sem causar danos às sementes. Contudo, a remoção manual do pergaminho é um procedimento bastante trabalhoso, pois requer o manuseio individual das sementes, acarretando aumento no custo de produção das mudas. Trabalhos realizados por Meireles (2004) mostraram que a pré-embebição das sementes de cafeeiro em solução aquosa de hipoclorito de sódio, contendo 5,0% de cloro ativo, durante um período de 6 horas, foi eficiente na degradação do pergaminho sem causar danos ao embrião, proporcionando porcentagem e velocidade de germinação semelhantes à remoção manual do pergaminho. Entretanto, esses estudos foram realizados com sementes apresentando teor de água em torno de 28%, não sendo realizados testes com outros graus de umidade das sementes.

As sementes de cafeeiro apresentam comportamento bastante distinto das demais espécies, principalmente no que se refere à tolerância à dessecação. Por esta razão, foi proposta uma classificação para as sementes quanto à capacidade de tolerância à dessecação. As sementes do cafeeiro foram, inicialmente, enquadradas no grupo das recalcitrantes, embora estudos realizados por Bacchi (1955, 1956, 1958) indicarem que essas sementes poderiam ser secadas até 10% de umidade, sem causar danos à qualidade fisiológica. Ellis et al. (1990), trabalhando com sementes de cafeeiro, incluíram a categoria intermediária na classificação de Roberts (1973). Assim, passou a ser aceita a classificação que admite as sementes “ortodoxas” (toleram dessecação até graus de umidade próximos a 5%), “intermediárias” (toleram dessecação até graus de umidade em torno de 10-12,5% e têm a viabilidade reduzida em umidades inferiores) e “recalcitrantes” (perdem a viabilidade quando desseçadas até graus de umidade abaixo de 15-20%).

As sementes de cafeeiro, mesmo apresentando curta longevidade (GENTIL, 2001), podem ser armazenadas, comercializadas e semeadas numa faixa de graus de umidade variando entre 10 (BACCHI, 1955, 1956, 1958) e 48% (ARAUJO, 1988). Conforme comentado anteriormente, Meireles (2004) trabalhou com hipoclorito de sódio em sementes com grau de umidade de 28%. Entretanto, o tempo de exposição e a concentração de hipoclorito de sódio, necessários para degradação do pergaminho sem causar danos ao embrião, podem ser influenciados pelo grau de umidade inicial das sementes.

O objetivo do presente trabalho foi estudar combinações entre concentrações de hipoclorito de sódio e tempos de pré-embebição que proporcionem maior velocidade de germinação das sementes de cafeeiro, com graus de umidade entre 13 e 33% em base úmida.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Laboratório de Pesquisa em Sementes do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa (UFV), em Viçosa-MG. Foram utilizadas sementes de café arábica (*Coffea arabica* L.), cultivar Catuaí Vermelho IAC 44, colhidas manualmente no estádio cereja. Após o seu beneficiamento, as sementes apresentavam grau de umidade inicial de 40% e foram acondicionadas em

embalagem impermeável, permanecendo armazenadas durante aproximadamente três meses em temperatura de $20\pm 2^{\circ}\text{C}$. Após esse período, foram secadas à sombra em sacos de filó, tamanho 10 x 15 cm, contendo aproximadamente 1,3 kg de sementes cada embalagem, até atingirem os graus de umidade de 13 ± 1 , 18 ± 1 , 23 ± 1 , 28 ± 1 e $33\pm 1\%$ em base úmida.

Foram realizados cinco ensaios, um para cada grau de umidade das sementes. Em cada ensaio, as sementes foram submetidas aos tratamentos de pré-embebição em solução aquosa contendo hipoclorito de sódio nas concentrações de 3, 4, 5, 6 e 7% de cloro ativo, durante um período de 3 e 6 horas. Além destes tratamentos, para cada grau de umidade, foi acrescentado um tratamento constituído de sementes intactas com pergaminho e um tratamento testemunha constituído por sementes cujo pergaminho foi removido manualmente, a fim de evitar danos ao embrião. A concentração de cloro ativo do hipoclorito de sódio foi determinada no Laboratório de Química Analítica (LAQUA) do Departamento de Química da UFV. A concentração de cloro ativo da solução de pré-embebição foi obtida por meio da diluição do hipoclorito de sódio comercial com água destilada.

Para os tratamentos pré-germinativos, as sementes foram acondicionadas em caixas gerbox, onde ficaram pré-embebidas em solução de hipoclorito de sódio, de acordo com os tratamentos, adotando-se a proporção de 120 mL de solução de hipoclorito de sódio para 240 sementes ou volume correspondente. Para que não flutuassem, utilizou-se o telado das caixas gerbox sobre as sementes, para que ficassem imersas. Após esse procedimento, as caixas gerbox foram tampadas e levadas para uma BOD com temperatura constante de 25°C , onde permaneceram durante os períodos referentes a cada tratamento (3 e 6 horas). Decorridos os tempos de exposição das sementes à solução aquosa contendo hipoclorito de sódio, as mesmas foram lavadas em água corrente, durante 90 segundos.

Para avaliar a atuação da solução aquosa, contendo hipoclorito de sódio, sobre as sementes, foi determinado o pH da solução em intervalos de uma hora, utilizando-se pHmetro digital, marca DIGIMED, modelo DM-2. Também foi determinada a temperatura da solução a cada 30 minutos, utilizando-se termômetro analógico. Os resultados de pH foram expressos em unidades de pH e a temperatura em graus centígrados ($^{\circ}\text{C}$).

As sementes submetidas de cada tratamento foram submetidas aos testes a seguir. 1) Grau de umidade – foi determinado antes e após o período de pré-embebição das sementes. O pergaminho foi removido manualmente, antes da determinação, devido ao acúmulo de água entre o mesmo e o endosperma mascarar a real umidade das sementes. Após a remoção do pergaminho, as sementes foram secadas externamente sobre papel toalha, para remoção da umidade superficial. O grau de umidade foi determinado por meio do método da estufa a $105 \pm 3^\circ\text{C}$, durante um período de 24 horas, utilizando-se 3 repetições para cada tratamento (BRASIL, 1992). 2) Teste de germinação (TG) – conduzido com 200 sementes, utilizando como substrato, rolos de papel germitest, previamente umedecidos com água destilada na quantidade de 2,5 vezes a sua massa inicial. Os rolos foram mantidos em germinador à temperatura de 30°C , durante um período de 30 dias, conforme as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 1992). Os resultados foram expressos em percentagem de plântulas normais. 3) Primeira contagem de germinação (PCG) – as sementes que apresentavam protusão da raiz primária na primeira contagem do teste de germinação, realizada no 15º dia após a semeadura, foram consideradas germinadas. 4) Índice de velocidade de germinação (IVG) – realizado em conjunto com o teste de germinação, sendo as avaliações realizadas a cada 4 dias, a partir do dia em que as primeiras sementes emitiram radícula até o dia da última contagem estabelecida pelas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 1992). Para o cálculo, foi utilizada a fórmula: $IVG = G_1/N_1 + G_2/N_2 + \dots + G_n/N_n$ em que: IVG = índice de velocidade de germinação; G_1, G_2, G_n = número de plântulas germinadas na primeira, na segunda e na última contagem e N_1, N_2, N_n = número de dias da semeadura à primeira, à segunda e à última contagem (MAGUIRRE, 1962). 5) Classificação do vigor das plântulas – ao término do teste de germinação, as plântulas normais foram avaliadas de acordo com o vigor, sendo classificadas como plântulas normais fortes, quando apresentavam todas as estruturas essenciais, sistema radicular bem desenvolvido e comprimento da parte aérea superior a 1,0 cm. Os resultados foram expressos em percentagem de plântulas normais fortes.

Os ensaios foram instalados em delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições. Os dados experimentais foram submetidos à análise de variância. Para cada grau de umidade das sementes, os tratamentos obtidos pelas combinações das concentrações de hipoclorito de sódio e tempos de pré-embebição, além do tratamento sementes com pergaminho, foram comparados ao tratamento testemunha (sementes sem

pergaminho, removido manualmente), aplicando-se o teste de Dunnett unilateral à esquerda com 5% de probabilidade e, dessa forma, identificando-se os tratamentos que apresentaram resultados inferiores ao tratamento testemunha.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O pH inicial da solução aquosa, contendo hipoclorito de sódio, foi de aproximadamente 12,8, independentemente da concentração utilizada (Tabela 1). Desta forma, verificou-se que o hipoclorito de sódio possui elevada capacidade de tamponamento, não alterando o pH da solução com as diferentes diluições para obtenção das concentrações utilizadas no experimento. O cloro é parcialmente solúvel em meio aquoso, se apresentando nas formas de cloro molecular (Cl_2) e ácido hipocloroso (HOCl), sendo que o pH é o principal fator que atua no controle da forma como o cloro se apresenta na solução. Em pH elevado, as formas predominantes são o ácido hipocloroso e o íon hipoclorito (HISE, 1996). Assim, verifica-se que o cloro encontra-se na solução aquosa de pré-embebição, predominantemente, nas formas de ácido hipocloroso e íon hipoclorito.

Tabela 1 - Efeito da concentração (C) de cloro ativo na solução de pré-embebição sobre o pH, durante o período de pré-embebição das sementes de cafeeiro

C (%)	Período de pré-embebição (horas)							Equação ajustada	R ²
	0	1	2	3	4	5	6		
3	12,7	11,6	9,3	8,7	8,5	8,3	8,1	$\hat{Y}=12,79-1,87x+0,19x^2$	0,97
4	12,8	12,0	9,1	8,6	8,0	7,6	7,3	$\hat{Y}=13,04-2,09x+0,18x^2$	0,96
5	12,8	12,1	9,3	8,2	7,0	6,8	6,7	$\hat{Y}=13,26-2,24x+0,19x^2$	0,97
6	12,8	12,1	8,8	6,5	6,4	6,6	6,7	$\hat{Y}=13,46-2,96x+0,30x^2$	0,94
7	12,7	12,2	8,3	6,2	6,4	6,6	6,8	$\hat{Y}=13,50-3,18x+0,30x^2$	0,92

O pH da solução não foi influenciado pelo grau de umidade das sementes, sendo influenciado apenas pela concentração de hipoclorito de sódio na solução durante o período de pré-embebição. O valor de pH da solução decresceu de forma quadrática até o final do período de embebição (Tabela 1). O decréscimo no valor de pH (aumento da concentração de hidrogênio) ocorreu de maneira mais acentuada nas maiores concentrações de hipoclorito de sódio da solução de pré-embebição das sementes. A

atuação do hipoclorito de sódio sobre o pergaminho das sementes de cafeeiro é ainda desconhecida; entretanto, compostos químicos à base de cloro são utilizados na indústria da celulose para degradação da lignina (DENCE, 1996). Como o pergaminho das sementes de cafeeiro apresenta elevados teores de lignina (ELÍAS, 1978), provavelmente a atuação do hipoclorito de sódio ocorra na degradação da lignina da parede celular de suas células. As reações que ocorrem são de oxidação, substituição ou adição de cloro no anel aromático presente na molécula de lignina (HISE, 1996). O decréscimo mais acentuado nos valores de pH da solução aquosa de hipoclorito de sódio dos tratamentos com concentração mais elevada de cloro ativo (Tabela 1) ocorreu, provavelmente, devido a degradação da lignina acontecer mais rapidamente em relação aos tratamentos com menores concentrações de hipoclorito de sódio, liberando mais íons hidrogênio para a solução.

A temperatura da solução não foi afetada pelo grau de umidade das sementes, porém a variação na concentração de hipoclorito de sódio ocasionou alteração na temperatura, durante o período de pré-embebição, conforme apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 - Temperatura (°C) da solução aquosa, durante o período de pré-embebição das sementes de cafeeiro, de acordo com a concentração de cloro ativo (C)

C (%)	Período de pré-embebição (horas)												
	0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0
3	19	22	24,5	26	25	25,8	26	25	25	25	25	25	25
4	19	22	24,5	26	26	27	27	26,5	26,5	26,5	26	25,5	25
5	19	22	24,5	26	27	28,5	29,2	29	28	27	26	25	25
6	19	22	24,5	28	29	32,5	32	28	26	25,5	25	25	25
7	19	22	25,0	28	32	37	32	28	25	25	25	25	25

* Temperatura da BOD \pm 25°C.

A solução de pré-embebição das sementes atingiu a temperatura de 25°C em, aproximadamente, uma hora após o acondicionamento na câmara BOD. No tratamento com concentração de 3% de cloro ativo, após a solução de pré-embebição ter atingido a temperatura de 25°C, não houve alteração na temperatura. Nos tratamentos com concentrações superiores a 3% de cloro ativo, após terem atingido a temperatura da BOD (após aproximadamente 1,5 horas) a temperatura da solução começou a aumentar. Quanto maior a concentração de hipoclorito de sódio, maior foi o aumento na

temperatura da solução, atingindo 37°C na concentração de 7% de cloro ativo, após 2,5 horas de pré-embebição (Tabela 2). O aumento na temperatura da solução de hipoclorito de sódio, em relação à temperatura do ambiente (25°C), indica que as reações para degradação do pergaminho das sementes são exotérmicas. As reações do hipoclorito de sódio com o pergaminho das sementes ocorrem mais rapidamente em concentrações mais elevadas de hipoclorito de sódio, o que pode ser observado pelo menor período que a solução permaneceu com temperatura acima do ambiente, à medida que a concentração de hipoclorito de sódio foi aumentada. Na concentração de 7% de cloro ativo, após 4 horas de pré-embebição, a temperatura foi reduzida para 25°C (temperatura do ambiente), enquanto, nas concentrações de 4, 5 e 6%, os tempos necessários para atingirem a temperatura ambiental foram de 6, 5,5 e 5 horas, respectivamente.

Os graus de umidade atingidos pelas sementes, após pré-embebição em hipoclorito de sódio, durante períodos de 3 e 6 horas, são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 - Grau de umidade de sementes de cafeeiro, após os tratamentos pré-germinativos, durante períodos de 3 e 6 horas, em sementes com diferentes graus de umidade inicial

C (%)	Tempo (h)	Grau de umidade inicial das sementes (% b.u.)				
		13	18	23	28	33
3	3	22,2 ± 0,5*	27,1 ± 1,3	27,2 ± 0,8	31,3 ± 0,5	36,5 ± 0,6
	6	25,8 ± 1,1	29,1 ± 0,1	28,3 ± 0,1	33,1 ± 0,3	37,3 ± 0,3
4	3	23,1 ± 1,0	27,7 ± 1,0	27,1 ± 0,3	31,6 ± 1,0	37,0 ± 0,3
	6	26,0 ± 0,3	29,7 ± 0,2	28,8 ± 0,3	33,6 ± 0,5	37,9 ± 0,2
5	3	23,6 ± 0,1	28,5 ± 0,8	27,0 ± 0,2	31,9 ± 0,3	36,6 ± 0,4
	6	26,9 ± 0,2	29,0 ± 0,1	29,1 ± 0,4	33,4 ± 0,3	37,8 ± 0,2
6	3	26,8 ± 0,1	29,8 ± 0,2	28,3 ± 0,2	32,3 ± 0,2	36,8 ± 0,2
	6	28,9 ± 0,9	31,2 ± 1,2	29,0 ± 0,3	33,5 ± 0,7	37,2 ± 0,1
7	3	28,8 ± 0,8	31,4 ± 0,2	30,0 ± 0,6	32,6 ± 0,1	36,7 ± 0,2
	6	29,8 ± 0,2	31,6 ± 1,2	30,6 ± 0,2	33,5 ± 0,8	36,8 ± 0,1

*Média ± desvio padrão.

As sementes com grau de umidade inicial de 13 e 18% tiveram sua umidade aumentada até valores superiores a 22 e 27%, respectivamente, em apenas 3 horas de

pré-embebição. Nos tratamentos com concentrações de 6 e 7% de cloro ativo, as sementes atingiram maior grau de umidade devido, provavelmente, a reação do hipoclorito de sódio ter ocasionado aumento na temperatura da solução de pré-embebição (Tabela 2), favorecendo o aumento do grau de umidade. Meireles (2004) também verificou que as sementes submetidas à pré-embebição em solução aquosa, contendo hipoclorito de sódio, absorvem maiores quantidades de solução em concentrações de cloro ativo superiores a 5%.

O aumento no grau de umidade das sementes, durante o período de pré-embebição, foi menor à medida que o grau de umidade inicial das sementes aumentou (Tabela 3). Isto evidencia que, quanto menor o grau de umidade inicial das sementes, maior é a absorção da solução de hipoclorito de sódio. Provavelmente, quando as sementes apresentam baixo grau de umidade, a absorção da solução é mais rápida, o que ocasiona danificações nas células, reduzindo a capacidade seletiva das membranas, favorecendo ainda mais a absorção de solução contendo hipoclorito de sódio.

A percentagem de germinação das sementes sem pergaminho, removido manualmente (testemunha), superou 90%, exceto nas sementes com grau de umidade de 13%, onde a germinação foi de 79% (Tabela 4). As sementes com pergaminho apresentaram baixa percentagem de germinação em todos os graus de umidade. Araujo et al. (2004) também verificaram que a remoção manual do pergaminho é eficiente em promover a germinação e aumentar a velocidade de germinação das sementes de cafeeiro. A secagem de sementes até 13% de umidade prejudicou sua germinação. Dessa forma, as sementes de cafeeiro tiveram maior poder germinativo, quando apresentavam maior grau de umidade. Apesar de serem encontrados, na literatura, resultados contrastantes quanto ao teor de água adequado para a conservação de sementes de cafeeiro (GENTIL, 2001), alguns trabalhos evidenciam melhor desempenho de sementes armazenadas com alto grau de umidade (SILVA & DIAS, 1985).

A percentagem de germinação das sementes, em que o pergaminho não foi removido, foi muito baixa em todos os graus de umidade das sementes. Baixas percentagens de germinação das sementes com pergaminho são freqüentemente relatados na literatura (VALIO, 1976; GUIMARÃES et al., 1998; CARVALHO et al., 1999; ARAUJO et al., 2004). O aumento na percentagem de germinação com a remoção

do pergaminho pode estar relacionado com a presença de substâncias inibidoras da germinação no pergaminho (Velasco & Gutierrez, 1974, citados por RENA & MAESTRI, 1986) ou com o impedimento físico ao crescimento do embrião (VALIO, 1980).

Tabela 4 - Germinação (%) de sementes de cafeeiro, de acordo com o tratamento para degradação do pergaminho de sementes com diferentes graus de umidade inicial

Tratamento		Grau de umidade inicial das sementes (% b.u.)				
Cloro ativo (%)	Tempo (h)	13	18	23	28	33
3	3	40	24	11	43	11
	6	11	62	78	72	67
4	3	50	68	41	91*	53
	6	6	50	63	15	66
5	3	19	82	74	91*	82
	6	0	30	32	7	35
6	3	8	55	93*	94*	89*
	6	0	21	11	0	17
7	3	0	17	76	22	75
	6	0	12	10	0	5
Sementes sem tratamento (com pergaminho)		2	20	19	32	12
Testemunha (sem pergaminho, remoção manual)		79	93	93	92	93
CV (%)		22,7	9,6	9,9	9,2	9,3

*Médias iguais ao tratamento testemunha pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade, na mesma coluna.

A pré-embebição das sementes em solução aquosa contendo hipoclorito de sódio foi eficiente na degradação do pergaminho das sementes e promoção da germinação, apenas quando o grau de umidade inicial das sementes era igual ou superior a 23%, conforme apresentado na Tabela 4. Em sementes com grau de umidade de 23%, a pré-embebição com hipoclorito de sódio na concentração de 6% de cloro ativo, durante 3 horas, foi o único tratamento que proporcionou germinação das sementes semelhante àquela obtida com a remoção manual do pergaminho. Quando as sementes apresentavam 28% de umidade, a utilização de hipoclorito de sódio nas concentrações

de 4, 5 e 6% de cloro ativo, durante um período de 3 horas, promoveu germinação de forma semelhante à remoção manual do pergaminho. Nas sementes apresentando grau de umidade de 33%, a concentração de 6% de cloro ativo na solução de pré-embebição, durante 3 horas, foi o único tratamento em que a percentagem de germinação não diferiu daquela obtida com a remoção manual do pergaminho.

De acordo com os resultados obtidos no teste de germinação, verifica-se que o grau de umidade das sementes de 28% permite a utilização de uma faixa mais ampla de concentrações de hipoclorito de sódio para a degradação do pergaminho. O aumento no grau de umidade das sementes para 33%, ou a redução para 23%, faz com que uma pequena variação na concentração de hipoclorito de sódio afete negativamente a germinação dessas sementes.

Estudos realizados por Meireles (2004), utilizando sementes com grau de umidade de 28%, mostraram que a pré-embebição em hipoclorito de sódio com 5% de cloro ativo, durante um período de 6 horas, foi eficiente na degradação do pergaminho, sem causar danos às sementes, de forma semelhante aos resultados obtidos no presente trabalho. Entretanto, no presente trabalho, o período de pré-embebição de 6 horas ocasionou danos às sementes, reduzindo sua percentagem de germinação. Vale ressaltar que Meireles (2004) não testou o tempo de pré-embebição de 3 horas, bem como as sementes utilizadas por esse autor estavam no início do período de armazenamento. No presente trabalho, as sementes foram armazenadas durante três meses, antes da realização do experimento. Assim, o vigor pode ter sido afetado negativamente durante o armazenamento, prejudicando o vigor das sementes e reduzindo a sua capacidade em tolerar o hipoclorito de sódio durante um maior período de exposição. De qualquer forma, o período de pré-embebição de 3 horas apresenta vantagem, em relação ao período de 6 horas, pois reduz o tempo de tratamento antes da semeadura.

Em sementes com 18% de umidade, a pré-embebição das sementes com hipoclorito de sódio proporcionou germinação das sementes inferior à remoção manual do pergaminho (Tabela 4). Entretanto, a pré-embebição com hipoclorito de sódio com 5% de cloro ativo, durante um período de três horas, proporcionou germinação superior a 80%, o que pode ser considerado satisfatório para sementes de cafeeiro.

O uso da solução de pré-embebição com hipoclorito de sódio, com concentrações maiores de 6% de cloro ativo prejudicou as sementes, devido, provavelmente, a danos ocasionados aos tecidos do embrião ou regiões do tecido de

reserva próximas a ele, reduzindo, consideravelmente, a percentagem de germinação. Por outro lado, o tempo de pré-embebição de 3 horas, utilizando-se soluções de hipoclorito de sódio com concentrações inferiores a 5% de cloro ativo, normalmente não foram suficientes para a completa degradação do pergaminho (Figura 1), proporcionando menor percentagem e índice de velocidade de germinação. No tempo de pré-embebição de 6 horas, o pergaminho foi degradado, eficientemente, exceto na concentração de 3% de cloro ativo (Figura 2). Entretanto, independentemente da concentração de hipoclorito de sódio ou do grau de umidade inicial das sementes, a pré-embebição durante um período de 6 horas, afetou negativamente a germinação das sementes, provavelmente devido à maior absorção de hipoclorito de sódio (Tabela 3), ocasionando danos aos tecidos de reserva da semente ou ao próprio embrião.

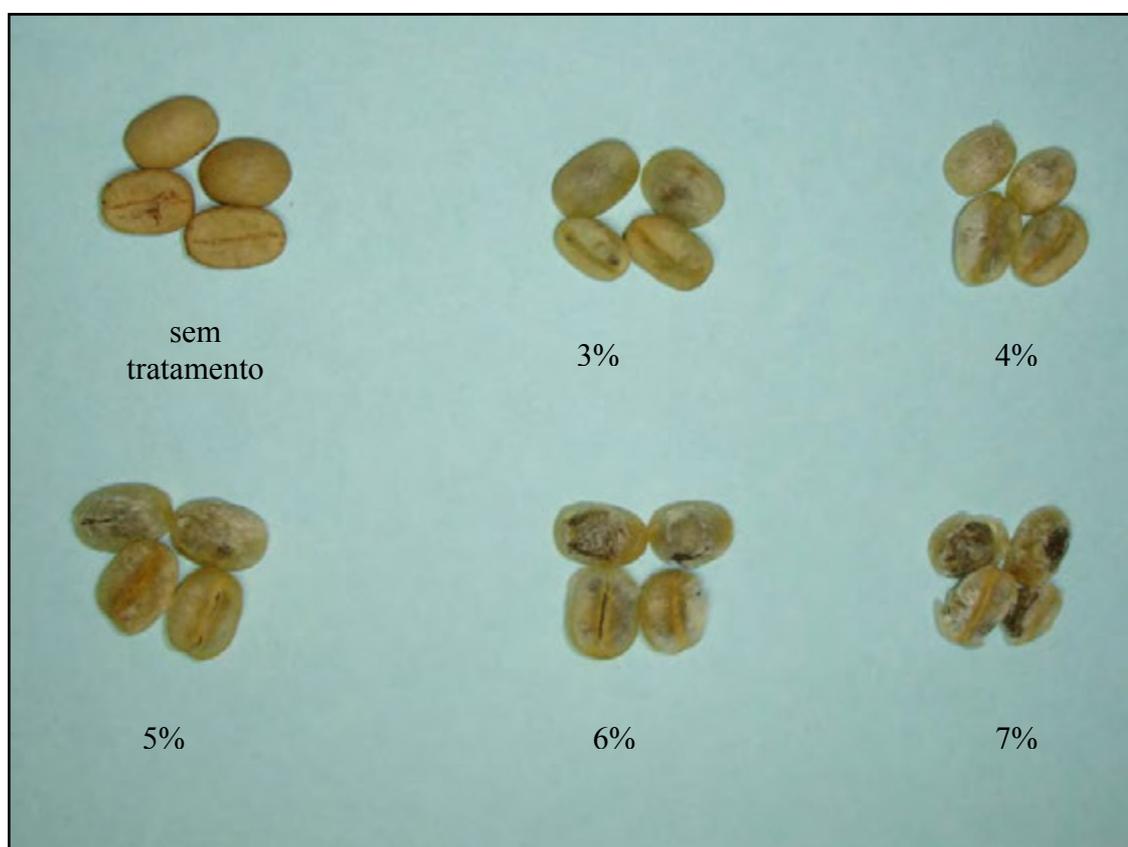


Figura 1 - Sementes de café sem tratamento e após a pré-embebição durante 3 horas, em solução aquosa contendo hipoclorito de sódio com diferentes concentrações de cloro ativo.

Os resultados obtidos na primeira contagem do teste de germinação (Tabela 5) apresentaram magnitude, entre os tratamentos, semelhante ao observado no teste de germinação, o que dispensa comentários.

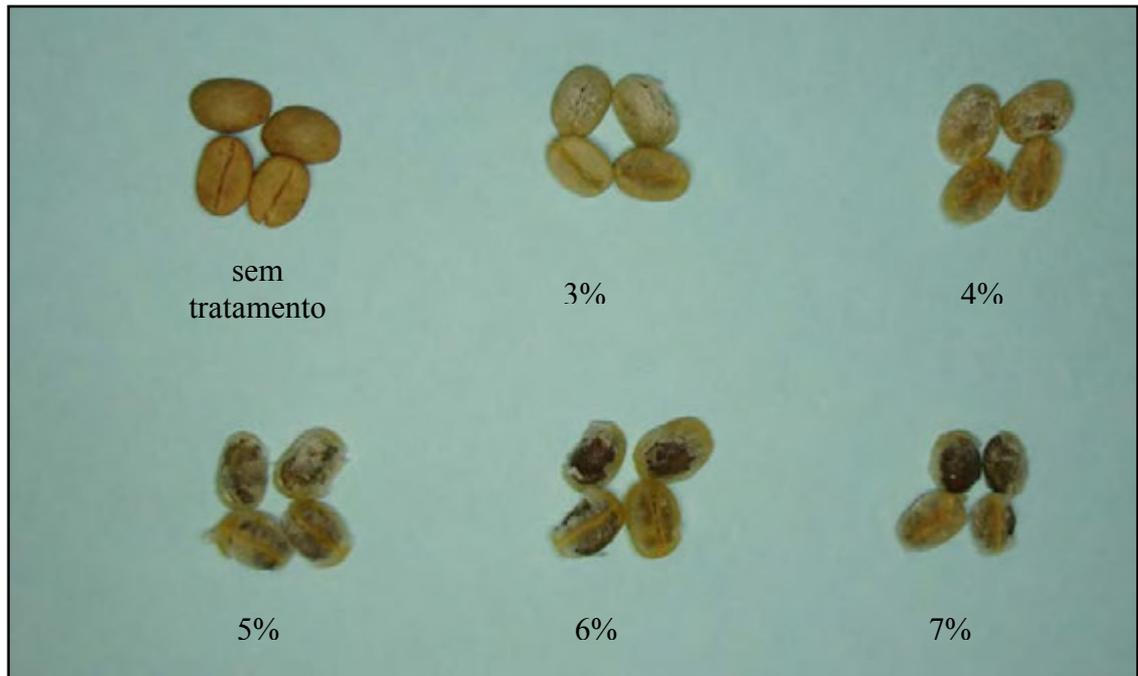


Figura 2 - Sementes de cafeeiro sem tratamento e após a pré-embebição durante 6 horas, em solução aquosa contendo hipoclorito de sódio com diferentes concentrações de cloro ativo.

O IVG também apresentou resultados semelhantes aos observados no teste de germinação e primeira contagem do teste de germinação (Tabela 6). Em sementes com grau de umidade de 23%, a pré-embebição com hipoclorito de sódio durante 3 horas, com 6% de cloro ativo, foi o único tratamento que proporcionou velocidade de germinação das sementes semelhante à remoção manual do pergaminho. Quando as sementes apresentavam grau de umidade de 28%, a utilização de hipoclorito de sódio nas concentrações de 4, 5 e 6% de cloro ativo, durante um período de 3 horas, promoveu IVG das sementes semelhante àquele causado pela remoção manual do pergaminho. Nas sementes que apresentavam grau de umidade de 33%, a concentração de 6% de cloro ativo, durante 3 horas de pré-embebição, foi o único tratamento em que o IVG não diferiu daquele obtido com a remoção manual do pergaminho.

Tabela 5 - Primeira contagem do teste de germinação (%) de sementes de cafeeiro, de acordo com o tratamento para degradação do pergaminho de sementes com diferentes graus de umidade inicial

Tratamento		Grau de umidade inicial das sementes (% b.u.)				
Cloro ativo (%)	Tempo (h)	13	18	23	28	33
3	3	26	10	5	28	4
	6	11	47	60	62	59
4	3	47	43	25	89*	29
	6	6	50	59	15	66
5	3	19	81	56	91*	72
	6	0	30	32	7	35
6	3	7	55	88*	94*	81*
	6	0	21	11	0	17
7	3	0	17	72	22	75
	6	0	10	10	0	5
Sementes sem tratamento (com pergaminho)		1	11	19	17	9
Testemunha (sem pergaminho, remoção manual)		76	92	91	92	89
CV (%)		24,2	11,8	11,1	7,6	10,3

* Médias iguais ao tratamento testemunha pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade, na mesma coluna.

Concentrações de hipoclorito de sódio superiores a 6% de cloro ativo, provavelmente, ocasionaram sérias danificações aos tecidos das sementes, proporcionando redução na velocidade de germinação, mesmo quando se utilizou um período de pré-embebição de 3 horas. Por outro lado, concentrações inferiores a 6% de cloro ativo não degradaram, eficientemente, o pergaminho das sementes, exceto quando as sementes apresentavam grau de umidade de 28%. Meireles (2004) utilizou sementes com grau de umidade de 28% e verificou que a pré-embebição em solução contendo hipoclorito de sódio, em concentrações de 7,5 e 10% de cloro ativo, danificou seriamente as estruturas vitais das sementes, enquanto que as concentrações inferiores a 5% não degradaram eficientemente o pergaminho.

No teste de classificação do vigor de plântulas, as sementes com grau de umidade de 23%, submetidas ao tratamento pré-germinativo com hipoclorito de sódio

com concentração de 6% de cloro ativo, durante 3 horas, apresentaram percentagem de plântulas normais fortes semelhante ao tratamento testemunha (Tabela 7). Em sementes com grau de umidade de 28%, os tratamentos com hipoclorito de sódio, nas concentrações de 5 e 6% de cloro ativo, durante 3 horas, também apresentaram percentagem de plântulas normais fortes semelhante à testemunha. Neste grau de umidade inicial das sementes, o tratamento pré-germinativo com hipoclorito de sódio, na concentração de 4% de cloro ativo, apesar de ter proporcionado germinação e IVG (Tabelas 4 e 6) semelhantes à testemunha, resultou em menor percentagem de plântulas normais fortes (Tabela 7), em relação à remoção manual do pergaminho. Provavelmente, a degradação do pergaminho nesta concentração não tenha apresentado a mesma eficiência que as concentrações de 5 e 6% de cloro ativo, o que causou retardamento no crescimento das plântulas.

Tabela 6 - Índice de velocidade de germinação de sementes de cafeeiro, de acordo com o tratamento para degradação do pergaminho de sementes com diferentes graus de umidade inicial

Tratamento		Grau de umidade inicial das sementes (% b.u.)				
Cloro ativo (%)	Tempo (h)	13	18	23	28	33
3	3	2,63	1,42	0,62	2,88	0,69
	6	0,87	4,43	5,61	5,40	5,21
4	3	3,98	4,61	2,64	7,33*	3,48
	6	0,46	4,14	4,97	1,22	5,46
5	3	1,54	6,67	5,45	7,51*	6,52
	6	0,00	2,46	2,63	0,56	2,88
6	3	0,61	4,61	7,44*	7,74*	7,06*
	6	0,00	1,71	0,88	0,00	1,39
7	3	0,00	1,38	6,12	1,81	6,22
	6	0,00	0,92	0,83	0,00	0,39
Sementes sem tratamento (com pergaminho)		0,07	1,21	1,61	1,83	0,85
Testemunha (sem pergaminho, remoção manual)		6,39	7,62	7,62	7,62	7,55
CV (%)		21,6	9,8	8,9	7,7	9,7

* Médias iguais ao tratamento testemunha pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade, na mesma coluna.

Em sementes com grau de umidade de 33%, todos os tratamentos pré-germinativos promoveram percentual de plântulas fortes inferiores ao tratamento testemunha, com remoção manual do pergaminho (Tabela 7). Neste grau de umidade das sementes, a pré-embebição em hipoclorito de sódio na concentração de 6% de cloro ativo, durante 3 horas, foi eficiente tanto na degradação do pergaminho quanto no aumento da percentagem e velocidade de germinação (Tabelas 4 e 6); entretanto, o desempenho das plântulas foi inferior à remoção manual do pergaminho. Mesmo assim, para este grau de umidade, a pré-embebição das sementes em hipoclorito de sódio a 6%, foi o tratamento pré-germinativo que apresentou maior percentagem de plântulas normais fortes.

Tabela 7 - Plântulas fortes (%) de cafeeiro, de acordo com o tratamento para degradação do pergaminho de sementes com diferentes graus de umidade inicial

Tratamento		Grau de umidade inicial das sementes (% b.u.)				
Cloro ativo (%)	Tempo (h)	13	18	23	28	33
3	3	24	3	3	12	7
	6	6	20	53	17	43
4	3	38	37	18	50	21
	6	3	20	36	13	46
5	3	15	47	49	64*	48
	6	0	9	21	0	27
6	3	2	25	76*	71*	67
	6	0	9	10	0	14
7	3	0	2	54	8	56
	6	0	2	9	0	5
Sementes sem tratamento (com pergaminho)		2	2	11	3	9
Testemunha (sem pergaminho, remoção manual)		68	79	81	68	85
CV (%)		27,4	22,7	18,1	18,0	17,5

* Médias iguais ao tratamento testemunha pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade, na mesma coluna.

De acordo com os resultados obtidos, o tratamento pré-germinativo com hipoclorito de sódio na concentração de 6% de cloro ativo, combinado com o tempo de exposição de 3 horas, é um método eficiente para degradação do pergaminho e

aceleração da germinação de sementes de cafeeiro, com grau de umidade entre 23 e 33%. Em sementes com grau de umidade inferior a 23%, embora o hipoclorito de sódio, seja eficiente na degradação do pergaminho, provavelmente ocasione toxidez às sementes, nas concentrações e tempos de pré-embebição estudados. Novos estudos são necessários, no sentido de ajustar metodologias, que além de serem eficientes para degradação do pergaminho, não ocasionem efeitos prejudiciais ao desempenho germinativo das sementes com graus de umidade inferior a 23%.

4. CONCLUSÕES

- A pré-embebição das sementes de cafeeiro em hipoclorito de sódio na concentração de 6% de cloro ativo, durante 3 horas, além de degradar o pergaminho eficientemente, proporcionou germinação e índice de velocidade de germinação semelhantes ao tratamento testemunha (remoção manual do pergaminho), quando as sementes apresentavam grau de umidade inicial entre 23 e 33%;
- Nas sementes com grau de umidade de 13 e 18%, a pré-embebição em hipoclorito de sódio prejudicou a germinação.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, E.F.; REIS, L.S.; MEIRELES, R.C.; SERRANO, L.A.L. Efeito da danificação mecânica e da remoção manual do pergaminho sobre a emergência das plântulas de *Coffea arabica* L. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, v.Especial Café, n.8, p. 1-5, 2004.

ARAÚJO, R.F. **Influência do teor de umidade, da embalagem e do ambiente de armazenamento na conservação de sementes de café (*Coffea arabica* L.)**. 1988. 56 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

BACCHI, O. Estudo sobre conservação de sementes: IV. Café. **Bragantia**, Campinas, v.17, n.20, p. 261-270, 1958.

BACCHI, O. Novos ensaios sobre a seca das sementes de café ao sol. **Bragantia**, Campinas, v.15, n.8, p. 83-91, 1956.

BACCHI, O. Seca da semente de café ao sol. **Bragantia**, Campinas, v.14, n.22, p. 225-236, 1955.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: SNAD/DNDV/CLAV, 1992. 365p.

CARVALHO, G.R.; PASQUAL, M.; GUIMARÃES, R.J.; MENDES, A.N.G.; BEARZOTI, E.; FALCO, L. Efeito do tratamento de sementes na emergência e desenvolvimento de mudas de cafeeiro *Coffea arabica* L. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.23, n.4, p. 799-807, 1999.

DENCE, C.W. Chemistry of chemical pulp bleaching. In: DENCE, C.W.; REEVE, D.W. **Pulp bleaching – principles and practice**. Atlanta, Georgia-USA: Tappi Press, 1996. Seção III, cap. 3, p. 125-159.

ELÍAS, L.G. Composición química de la pulpa de café y otros subproductos. In: BRAHAM, J.E.; BRESSANI, R. **Pulpa de Café – Composición, tecnología y utilización**. Bogotá, Colombia: Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá, 1978. cap. 2, p. 19-29.

ELLIS, R.H.; HONG, T.D.; ROBERTS, E.H. An intermediate category of seed storage behaviour? I. Coffee. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v.41, n.230, p. 1167-1174, 1990.

GENTIL, D.F.D.O. Conservação de sementes do cafeeiro: resultados discordantes ou complementares. **Bragantia**, Campinas, v.60, n.3, p. 149-154, 2001.

GUIMARÃES, J.R.; FRAGA, A.C.; MENDES, A.N.G.; CARVALHO, M.L.M.D.; PASQUAL, M.; CARVALHO, G.R. Efeitos da citocinina, giberelina e remoção do endocarpo na germinação de sementes de cafeeiro (*Coffea arabica* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.22, n.3, p. 390-396, 1998.

HISE, R. Chlorination. In: DENCE, C.W.; REEVE, D.W. **Pulp bleaching – principles and practice**. Atlanta, Georgia-USA: Tappi Press, 1996. Seção IV, cap. 2, p. 241-259.

MAGUIRRE, J. D. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigour. **Crop Science**, Madison, v.2, n.2, p. 176-177, 1962.

MEIRELES, R.C. **Efeito do hipoclorito de sódio e da embebição em água na germinação das sementes de café (*Coffea arabica* L.)**. 2004. 56 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia). Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

RENA, A.B.; MAESTRI, M. Fisiologia do cafeeiro. In: RENA, A. B.; MALAVOLTA, E.; ROCHA, M.; YAMADA, T. **Cultura do cafeeiro; fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: POTAFÓS, 1986. p. 13-85.

ROBERTS, E.H. Predicting the storage life of seeds. **Seed Science and Technology**, Zürich, v.1, p. 449-514, 1973.

SQUAREZI, C.N.; BRACCINI, A.L.; SCAPIM, C.A.; BRACCINI, M.C.L.; DALPASQUALE, V.A. Avaliação de tratamentos pré-germinativos para melhorar o desempenho de sementes de café (*Coffea arabica* L.). II. Processo de umidificação. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.23, n.2, p. 162-170, 2001.

SILVA, W.R.; DIAS, M.C.L.D.L. Interferência do teor de umidade das sementes de café na manutenção de sua qualidade fisiológica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.20, n.5, p. 551-560, 1985.

VALIO, I.F.M. Germination of coffee seeds (*Coffea arabica* L. cv. Mundo Novo). **Journal of Experimental Botany**, v.27, n.100, p. 983-991, 1976.

VALIO, I.F.M. Inhibition of germination of coffee seeds (*Coffea arabica* L.) cv. Mundo Novo by the endocarp. **Journal of Seed Technology**, East Lansing, v.5, n.1, p. 32-39, 1980.

II. USO DE HIPOCLORITO DE SÓDIO PARA ACELERAR A EMERGÊNCIA DAS PLÂNTULAS E O DESENVOLVIMENTO DAS MUDAS DE CAFEIEIRO (*Coffea arabica* L.)

RESUMO - O objetivo do presente trabalho foi avaliar o efeito das concentrações de hipoclorito de sódio na solução aquosa de pré-embebição das sementes, com graus de umidade entre 13 e 33%, sobre a percentagem e velocidade de emergência das plântulas de cafeeiro em condições de viveiro, bem como avaliar o desenvolvimento das mudas. Utilizaram-se sementes de cafeeiro, variedade Catuaí Vermelho IAC 44, com umidade inicial de 40%. As sementes foram secadas à sombra até atingirem os graus de umidade desejados. Foram realizados cinco ensaios, um para cada grau de umidade das sementes (13, 18, 23, 28 e 33% em base úmida). Cada ensaio foi constituído por cinco tratamentos, formados por sementes pré-embebidas em três concentrações de hipoclorito de sódio (4, 5 e 6% de cloro ativo), por um período de três horas, além de sementes com pergaminho e sem pergaminho, removido manualmente (testemunha). As plântulas foram avaliadas quanto à percentagem e velocidade de emergência, e as mudas quanto à altura, número de folhas, área foliar e massa seca da parte aérea. A pré-embebição das sementes em solução aquosa, contendo hipoclorito de sódio na concentração de 4% de cloro ativo, aumentou a percentagem e a velocidade de emergência das plântulas de cafeeiro, além de ter melhorado o desenvolvimento das mudas, em relação às sementes com pergaminho. Esse tratamento com hipoclorito de sódio foi tão eficiente quanto a remoção manual do pergaminho, quando as sementes apresentaram grau de umidade igual ou superior a 23%.

Palavras-Chave: sementes, cafeeiro, hipoclorito de sódio, mudas.

USE OF THE SODIUM HYPOCHLORITE TO ACCELERATE SEEDLING
EMERGENCE AND DEVELOPMENT OF THE COFFEE (*Coffea arabica* L.)
SEEDLINGS

SUMMARY – This study was carried out to analyze the effect of the sodium hypochlorite concentrations in the aqueous presoaking solution in seeds at moisture contents from 13 to 33% upon both percentage and emergence speed in the coffee seedlings under nursery conditions, as well as to evaluate the development of the seedlings. Coffee seeds, Catuaí Vermelho IAC 44 cultivar, with 40% initial moisture content were used. The seeds were dried under shadow until reaching the desired moisture contents. Five assays were conducted, as being one for each moisture content (13, 18, 23, 28 and 33% w.b.) of the seeds. Each assay consisted of five treatments: presoaking of the seeds at three sodium hypochlorite concentrations (4, 5 and 6% active chlorine) for three-hours period, besides the seeds with and without endocarp that were manually removed (control). The seedlings were evaluated for the emergence percentage and speed of emergence, and the seedlings for the height, leaf number, leaf area, and aerial part dry matter. The presoaking of the seeds into aqueous solution containing sodium hypochlorite at the concentration of 4% active chlorine rather increased the percentage and emergence speed of the coffee seedlings, besides improving the development of the seedlings relative to the seeds with endocarp. This treatment with sodium hypochlorite was as efficient as the manual removal of the endocarp, when the seeds showed a moisture content equal or above 23%.

Keywords: seeds, coffee, sodium hypochlorite, seedling.

1. INTRODUÇÃO

O plantio no campo das mudas de cafeeiro deve ser realizado, preferencialmente, no início do período chuvoso, garantindo, assim, o pegamento das mudas e seu adequado desenvolvimento. Na região Sudeste do Brasil, o início do período chuvoso ocorre nos meses de outubro e novembro, aproximadamente seis meses após a colheita dos frutos, que são utilizados para obtenção de sementes (KIKUTI, 2000).

A germinação das sementes de cafeeiro é lenta e desuniforme. De acordo com a época de semeadura, as mudas podem ser consideradas de “meio ano”, quando semeadas em maio e junho, para serem plantadas de outubro a janeiro, ou mudas “de ano”, quando semeadas em outubro e novembro, para serem plantadas no ano seguinte. As mudas de “meio ano” são as mais utilizadas, pois, seu custo de produção é menor, devido à utilização de menores recipientes, menor quantidade de substrato e por permanecerem menos tempo no viveiro, além de serem menos sujeitas ao ataque de fungos nos estádios iniciais de desenvolvimento, devido às temperaturas mais baixas (MATIELLO, 1991; MARTINEZ et al., 2004). Outra desvantagem da produção de mudas “de ano” é que, no momento da semeadura, aproximadamente seis meses após a colheita das sementes, a viabilidade e o vigor das mesmas podem já estar baixos, sendo necessária a utilização de maior número de sementes por saquinho.

A baixa velocidade e a desuniformidade de emergência das plântulas de cafeeiro estão entre os principais fatores envolvidos na redução da qualidade das mudas e na dificuldade de implantação das lavouras em épocas mais favoráveis ao bom desenvolvimento das plantas. Existem diversas hipóteses sobre as causas de tais problemas na germinação e emergência, sendo a presença do pergaminho na semente a mais provável (VALIO, 1980; GUIMARÃES et al., 1998; CARVALHO et al., 1999; ARAUJO et al., 2004). Entretanto, a pesquisa ainda não conseguiu esclarecer todos os mecanismos que trazem tais prejuízos ao processo germinativo.

A retirada do pergaminho é uma prática eficiente na aceleração da emergência de plântulas de cafeeiro (GUIMARÃES et al., 1998). A remoção mecânica do pergaminho, normalmente, causa danos à semente, pois o embrião encontra-se muito superficial, reduzindo a germinação das mesmas (CARVALHO et al., 1999; ARAUJO et al., 2004). A remoção manual, por sua vez, é extremamente trabalhosa,

causando empecilhos à sua utilização, principalmente entre os viveiristas que manipulam grande quantidade de sementes.

Pelo fato de a remoção mecânica do pergaminho causar danos ao embrião, seria interessante o desenvolvimento de um método barato, de fácil execução e eficiente na degradação do mesmo, sem causar danos ao embrião. Nesse sentido, Meireles (2004) mostrou que a pré-embebição das sementes de cafeeiro em solução aquosa contendo hipoclorito de sódio, na concentração de 5% de cloro ativo, durante um período de 6 e 12 horas, foi eficiente na degradação do pergaminho das sementes, sem causar danos ao embrião, proporcionando germinação e velocidade de germinação semelhante a remoção manual do pergaminho.

Entretanto, o teste foi realizado com as sementes apresentando grau de umidade de 28%. Em estudos com sementes apresentando grau de umidade entre 13 e 33%, a pré-embebição das sementes em hipoclorito de sódio na concentração de 6% de cloro ativo, durante um período de 3 horas, proporcionou percentagem e velocidade de germinação semelhantes às aquelas obtidas com a remoção manual do pergaminho, somente quando as sementes apresentavam grau de umidade entre 23 e 33% (Experimento 1).

Assim, o uso de solução de hipoclorito de sódio na pré-embebição de sementes de cafeeiro, visando à degradação do pergaminho, tem se mostrado uma técnica promissora para acelerar a germinação das mesmas, em condições de laboratório. Segundo Rena & Maestri (1986), as sementes de cafeeiro com pergaminho apresentam germinação excessivamente lenta em meio asséptico, onde esta estrutura não é degradada pela ação de microrganismos. Para realização do teste de germinação em laboratório, onde a presença de microrganismos é reduzida, as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 1992) recomendam a remoção do pergaminho. No entanto, em condições de viveiro, existem microrganismos capazes de decompor o pergaminho, mesmo que lentamente. Dessa forma, é necessária a realização de experimentos, em condições de viveiro, para verificar a eficiência da degradação do pergaminho pelo hipoclorito de sódio, bem como determinar a concentração mais adequada.

O objetivo do presente trabalho foi avaliar o efeito das concentrações de hipoclorito de sódio na solução aquosa de pré-embebição de sementes de cafeeiro, com graus de umidade entre 13 e 33%, sobre a percentagem e velocidade de emergência das plântulas em condições de viveiro, bem como avaliar o desenvolvimento das mudas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Os tratamentos pré-germinativos foram realizados no Laboratório de Pesquisa em Sementes da Universidade Federal de Viçosa (UFV). No viveiro de produção de mudas da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), foram instalados os experimentos para avaliação da emergência e do desenvolvimento das mudas.

Foram utilizadas sementes de cafeeiro, variedade Catuaí Vermelho IAC 44, colhidas manualmente, no estádio denominado cereja. As sementes apresentavam, inicialmente, grau de umidade de aproximadamente 40%. Foi realizada secagem à sombra em sacos de filó, tamanho 10 x 15 cm, contendo 1,3 kg de sementes cada embalagem, até atingirem os graus de umidade de 13 ± 1 , 18 ± 1 , 23 ± 1 , 28 ± 1 e $33\pm 1\%$, em base úmida.

Foram realizados cinco ensaios, um para cada grau de umidade das sementes. Em cada ensaio, as sementes foram submetidas aos tratamentos de pré-embebição em solução aquosa contendo hipoclorito de sódio nas concentrações de 4, 5 ou 6 % de cloro ativo, por um período de 3 horas. Além destes tratamentos, para cada grau de umidade, foram acrescentados um tratamento constituído de sementes com pergaminho e um tratamento testemunha constituído por sementes cujo pergaminho foi removido manualmente. Embora, na prática as sementes sejam semeadas com pergaminho, sabe-se que sua remoção manual acelera a emergência; entretanto, este procedimento é inviável devido à excessiva demanda por mão-de-obra. Conseqüentemente, esta foi a testemunha utilizada na comparação estatística com os demais tratamentos e não as sementes com pergaminho.

A concentração de cloro ativo do hipoclorito de sódio utilizado foi determinada no Laboratório de Química Analítica (LAQUA) do Departamento de Química da UFV. A concentração de cloro ativo da solução de pré-embebição foi obtida por diluição do hipoclorito de sódio comercial com água destilada. Para os tratamentos pré-germinativos, as sementes foram acondicionadas em caixas gerbox, onde ficaram pré-embebidas em solução de hipoclorito de sódio, de acordo com os tratamentos, adotando-se a proporção de 120 mL de solução de hipoclorito de sódio para 240 sementes ou volume correspondente. Para que não flutuassem, utilizou-se o telado das caixas gerbox sobre as sementes, para que ficassem imersas. Após este procedimento, as

caixas gerbox foram tampadas e levadas para uma BOD com temperatura constante de 25°C, onde permaneceram durante um período de 3 horas.

Decorrido o período de exposição à solução aquosa contendo hipoclorito de sódio, as sementes foram lavadas em água corrente durante 90 segundos e transportadas até o viveiro de produção de mudas da EPAMIG. Independente do tratamento empregado, foi realizado tratamento químico com fungicida, pela imersão das sementes em calda à base de captan a 0,1%, durante 30 segundos.

No viveiro, foram utilizados saquinhos perfurados de polietileno, tamanho 10x20 cm. O substrato foi constituído pela mistura de 700 L de solo peneirado, 300 L de esterco de curral curtido e peneirado, 5 kg de superfosfato simples e 0,5 kg de cloreto de potássio. Os saquinhos, contendo o substrato, foram acondicionados em canteiros, dispostos em fileiras contendo 15 saquinhos cada uma, perfazendo a largura do canteiro que foi de um metro.

O experimento foi realizado com quatro repetições, sendo que cada unidade experimental foi constituída por 45 saquinhos, dispostos em 3 fileiras, contendo 15 saquinhos cada uma. A semeadura foi realizada colocando-se uma semente em cada saquinho a uma profundidade de 2 cm. Após a cobertura das sementes com areia, foi aplicado o fungicida de solo pentacloronitrobenzeno (PCNB 75%) em solução aquosa (45 g p.c./L), na dosagem de 2 L/m² de canteiro. Após a semeadura, os saquinhos foram cobertos com uma camada de capim seco, a fim de favorecer a manutenção da umidade do solo, evitar que o impacto da água de irrigação removesse o solo sobre as sementes e dificultar o estabelecimento de plantas daninhas. Foi realizada irrigação diariamente, sempre no final do dia. A área de viveiro foi coberta com telado, visando à redução da insolação incidente sobre as sementes e plântulas e do impacto da chuva sobre as sementes. Aos 4 meses após a semeadura, o telado foi removido para aclimação das mudas.

Para determinar o efeito dos tratamentos, foram realizadas as avaliações a seguir.

1) índice de velocidade de emergência (IVE) – a cada 3 dias, a partir da emergência da primeira plântula, foram realizadas contagens do número de plântulas emergidas até que o valor permanecesse constante. Foram consideradas emergidas as plântulas que apresentavam parte aérea visível. Para o cálculo, foi utilizada a fórmula $IVE = E_1/N_1 + E_2/N_2 + \dots + E_n/N_n$, em que: IVE = índice de velocidade de emergência; E_1 , E_2 , E_n = número de plântulas emergidas na primeira, na segunda e na última

contagem; N_1 , N_2 , N_n = número de dias da sementeira à primeira, à segunda e à última contagem (MAGUIRRE, 1962). 2) Número médio de dias para emergência – foram utilizados os mesmos dados das contagens para o cálculo do IVE, estimando-se o número médio de dias necessários para emergência das plântulas. Para o cálculo, foi utilizada a fórmula $TME = (N_1E_1) + (N_2E_2) + \dots + (N_nE_n) / (E_1 + E_2 + \dots + E_n)$ em que: TME = tempo médio necessário para a emergência (dias); E_1 , E_2 , E_n = número de plântulas emergidas na primeira, na segunda e na última contagem; N_1 , N_2 , N_n = número de dias da sementeira à primeira, à segunda e à última contagem (EDMOND & DRAPALA, 1958). 3) Emergência – a última contagem do IVE foi considerada como a percentagem de emergência das plântulas de cafeeiro. 4) Altura de plantas – realizada em 10 plantas da linha central de cada unidade experimental, aos 150 dias após a sementeira, sendo os resultados expressos em centímetros por planta (cm/planta). 5) Área foliar – aos 150 dias após a sementeira, foram coletadas 10 plantas da linha central de cada unidade experimental, as quais foram acondicionadas em sacolas de polietileno, para que não perdessem umidade. As folhas foram removidas do caule das plantas e, individualmente, realizada a determinação da área foliar por meio de integrador de área foliar marca Li-Cor, Modelo 3100 sendo os resultados expressos em cm^2 por planta ($cm^2/planta$). 6) Número médio de folhas – dez plantas de cada unidade experimental foram utilizadas para determinação da área foliar, sendo o resultado expresso em número de folhas por planta ($n^\circ/planta$). 7) Massa seca da parte aérea – as folhas e os caules das plantas, utilizadas para medição da área foliar e contagem do número de folhas, foram acondicionados em sacos de papel e, individualmente, submetidos à secagem em estufa a $70^\circ C$ com circulação de ar forçada, durante um período de 72 horas. Os resultados foram expressos em gramas por planta (g/planta).

Os cinco ensaios, um para cada grau de umidade das sementes, foram instalados em delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições. Os dados experimentais foram submetidos à análise de variância. Para cada grau de umidade das sementes, os resultados dos tratamentos obtidos pela pré-embebição das sementes em solução com concentrações de hipoclorito de sódio e do tratamento sementes com pergaminho foram comparados ao tratamento testemunha (sementes sem pergaminho, removido manualmente), por meio do teste de Dunnett unilateral à esquerda, com 5% de probabilidade. Desta forma, identificaram-se os tratamentos que apresentaram resultados inferiores à testemunha. Para a característica número médio de dias para emergência, aplicou-se o teste de Dunnett unilateral à direita, com 5% de probabilidade.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1 são apresentadas as temperaturas registradas no viveiro, durante o período entre semeadura e avaliação das mudas. A produção de mudas de cafeeiro ocorre em viveiros com substrato padronizado e irrigação diária, além de controle da luminosidade pela utilização de cobertura. Dessa forma, pode-se considerar que o fator ambiental que causa maior interferência na percentagem e velocidade de emergência é a temperatura. A emergência das plântulas de cafeeiro ocorre em torno de 60 dias após a semeadura, mesmo nas épocas mais quentes do ano (MAESTRI & VIEIRA, 1961) e, na estação mais fria, esse tempo pode ser de até 90 dias (WENT, 1957). A temperatura média durante a condução do experimento foi de 21,6°C, enquanto nos primeiros 60 dias, durante o período de emergência da maioria das plântulas, foi de 20,8°C.

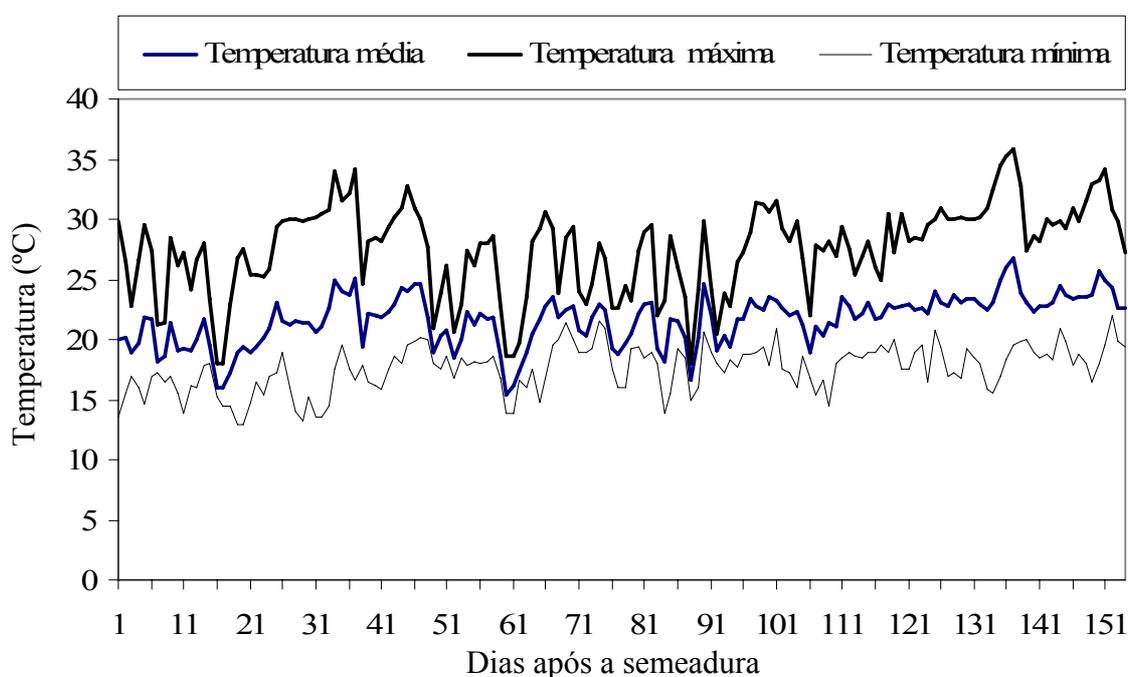


Figura 1 - Temperaturas ocorridas no viveiro durante o período entre semeadura e avaliação das mudas de cafeeiro.

A percentagem de emergência das plântulas provenientes de sementes sem pergaminho, removido manualmente, foi elevada em todos os graus de umidade, sendo que, apenas nas sementes com grau de umidade de 13%, a emergência foi inferior a 90% (Tabela 1). Estes resultados confirmam os obtidos por Araujo et al. (2004), que verificaram a eficiência da remoção manual do pergaminho em promover a germinação e aumentar a velocidade de germinação das sementes de cafeeiro, em condições de

laboratório. Dessa forma, verifica-se que, mesmo em condições de viveiro, a remoção manual do pergaminho promove elevada percentagem de emergência das plântulas de cafeeiro, o que também foi verificado por Carvalho et al. (1999).

Tabela 1 - Emergência de plântulas de cafeeiro (%), de acordo com o tratamento para degradação do pergaminho de sementes com diferentes graus de umidade

Tratamento	Grau de umidade inicial das sementes (% b.u.)				
	13	18	23	28	33
4% de cloro ativo	77*	85*	87*	91*	92*
5% de cloro ativo	65	74	86*	72	84
6% de cloro ativo	33	39	38	47	49
Sementes sem tratamento (com pergaminho)	70	87*	83*	79	71
Testemunha (sem pergaminho, removido manualmente)	88	95	96	93	97
CV (%)	12,6	8,4	11,6	9,0	4,2

*Médias iguais ao tratamento testemunha pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade, na mesma coluna.

As plântulas oriundas das sementes com pergaminho apresentaram percentagem de emergência semelhante àquelas do tratamento testemunha, somente quando as sementes apresentavam grau de umidade de 18 e 23% (Tabela 1). No entanto, mesmo apresentando percentual de emergência semelhante à testemunha, o índice de velocidade de emergência foi inferior (Tabela 2, Figura 2). A presença do pergaminho é a principal causa de redução da velocidade de emergência das plântulas de cafeeiro e, normalmente, causa redução do percentual de emergência (CARVALHO et al., 1999).

O tratamento pré-germinativo com hipoclorito de sódio na concentração de 4% de cloro ativo foi eficiente para degradação do pergaminho, promovendo emergência semelhante ao tratamento testemunha, em todos os graus de umidade das sementes (Tabela 1, Figura 3). Somente quando as sementes apresentavam grau de umidade de 23%, a concentração de 5% de cloro ativo proporcionou desempenho semelhante à testemunha. Nos demais graus de umidade das sementes, a pré-embebição em solução de hipoclorito de sódio nas concentrações de 5 e 6% de cloro ativo proporcionou percentagem de emergência inferior ao tratamento testemunha. A menor percentagem de emergência nesses tratamentos, provavelmente, foi decorrente de danos causados ao embrião da semente pelo hipoclorito de sódio (MEIRELES, 2004).

Tabela 2 - Índice de velocidade de emergência de plântulas de cafeeiro, de acordo com o tratamento para degradação do pergaminho de sementes com diferentes graus de umidade

Tratamento	Grau de umidade inicial das sementes (% b.u.)				
	13	18	23	28	33
4% de cloro ativo	1,28*	1,40	1,55*	1,72*	1,83*
5% de cloro ativo	1,08	1,28	1,56*	1,30	1,66
6% de cloro ativo	0,55	0,66	0,67	0,85	0,87
Sementes sem tratamento (com pergaminho)	1,00	1,32	1,27	1,25	1,09
Testemunha (sem pergaminho, removido manualmente)	1,53	1,76	1,83	1,83	2,00
CV (%)	13,5	10,0	13,3	10,5	7,0

*Médias iguais ao tratamento testemunha pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade, na mesma coluna.

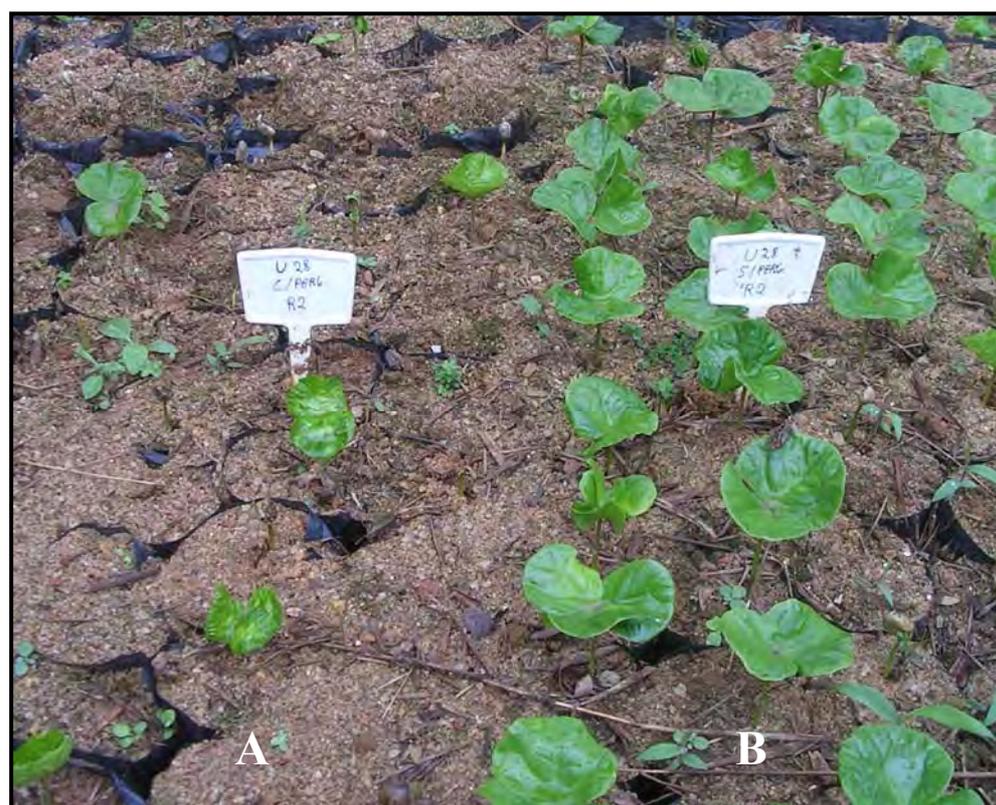


Figura 2 - Emergência de plântulas provenientes de sementes de cafeeiro com pergaminho (A) e sem pergaminho, removido manualmente (B), aos 60 dias após a semeadura.

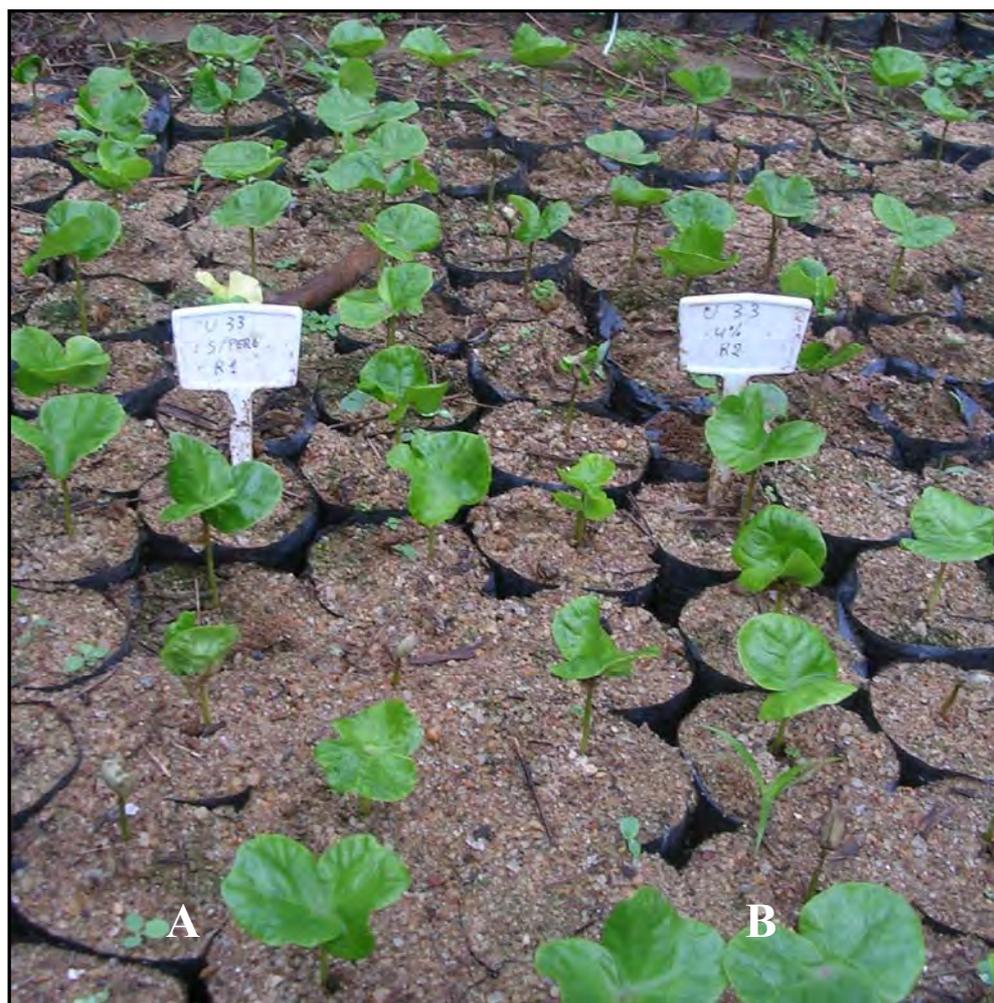


Figura 3 - Emergência de plântulas provenientes de sementes de cafeeiro sem pergaminho, removido manualmente (A) e submetidas ao tratamento com hipoclorito de sódio na concentração de 4% de cloro ativo (B), aos 60 dias após a semeadura.

O tratamento pré-germinativo com hipoclorito de sódio na concentração de 4% de cloro ativo promoveu índice de velocidade de emergência (IVE) semelhante ao tratamento testemunha, nas sementes com graus de umidade de 13, 23, 28 e 33% (Tabela 2). Em sementes com 18% de umidade, nenhum tratamento pré-germinativo proporcionou IVE semelhante ao tratamento testemunha. Em condições de laboratório, também foi observado que os tratamentos pré-germinativos com hipoclorito de sódio, em sementes apresentando graus de umidade de 13 e 18%, não promoveram germinação e índice de velocidade de germinação semelhantes ao tratamento em que houve remoção manual do pergaminho (Experimento 1). A absorção de maior quantidade de solução aquosa contendo hipoclorito de sódio, por sementes apresentando graus de umidade de

18 e 13%, foi considerada como a principal causa da menor eficiência dos tratamentos pré-germinativos na melhoria do desempenho germinativo das sementes (Experimento 1). No presente trabalho, sementes submetidas ao tratamento pré-germinativo com 4% de cloro ativo apresentaram emergência e IVE iguais àquelas do tratamento testemunha, quando o grau de umidade foi de 13%, enquanto nas sementes com grau de umidade de 18%, somente a emergência foi semelhante à do tratamento testemunha, sendo o IVE inferior àquele do tratamento com remoção manual do pergaminho (Tabela 2).



Figura 4 - Emergência de plântulas provenientes de sementes de cafeeiro submetidas ao tratamento com hipoclorito de sódio na concentração de 4% de cloro ativo (A) e sementes com pergaminho (B), aos 60 dias após a semeadura.

O tempo necessário para emergência das plântulas provenientes de sementes com pergaminho foi superior ao tempo daquelas provenientes de sementes sem pergaminho e aos melhores tratamentos pré-germinativos com hipoclorito de sódio em todos os graus de umidade (Tabela 3). A degradação do pergaminho com hipoclorito de

sódio na concentração de 4% de cloro ativo proporcionou velocidade de emergência semelhante à remoção manual, exceto quando as sementes apresentavam 18% de umidade, em que a concentração de 5% de cloro ativo apresentou os melhores resultados (Tabela 3). O uso de hipoclorito de sódio na concentração de 4% de cloro ativo, nas sementes com grau de umidade igual ou superior a 23%, reduziu o tempo necessário para emergência das plântulas em relação às sementes com pergaminho, antecipando a emergência em, no mínimo, 10 dias. Em geral, quanto menor o grau de umidade das sementes maior foi o tempo necessário para emergência das plântulas (Tabela 3). Esta menor velocidade de emergência das plântulas provenientes de sementes com menor grau de umidade é, provavelmente, decorrente do aumento do período necessário para embebição das sementes e ativação do processo germinativo.

Tabela 3 - Média de dias para a emergência das plântulas de cafeeiro, de acordo com o tratamento para degradação do pergaminho de sementes com diferentes graus de umidade

Tratamento	Grau de umidade inicial das sementes (% b.u.)				
	13	18	23	28	33
4% de cloro ativo	61*	62	57*	53*	51*
5% de cloro ativo	61*	59*	56*	57	51*
6% de cloro ativo	62*	61	58	57	56
Sementes sem tratamento (com pergaminho)	72	68	67	65	64
Testemunha (sem pergaminho, removido manualmente)	58	55	53	51	49
CV (%)	4,0	4,7	5,0	4,0	2,6

*Médias iguais ao tratamento testemunha pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade, na mesma coluna.

Considerando a maioria das características avaliadas, o tratamento pré-germinativo com hipoclorito de sódio na concentração de 4% de cloro ativo proporcionou os melhores resultados de percentagem de emergência, IVE e tempo necessário à emergência das plântulas em todos os graus de umidades das sementes. Esse tratamento proporcionou resultados semelhantes àqueles do tratamento remoção manual do pergaminho (testemunha), em condições de viveiro. Entretanto, em condições de laboratório, as concentrações de cloro ativo que proporcionaram melhor desempenho das sementes foram de 5% (MEIRELLES, 2004) e 6% (Experimento 1).

As diferenças na emergência das plântulas e germinação das sementes observadas entre os estudos realizados em condições de viveiro e laboratório, respectivamente, são devidas, provavelmente às condições adversas às sementes no viveiro em relação àquelas de laboratório e à presença de microrganismos no substrato utilizado no viveiro. Em condições de laboratório, a umidade relativa e a temperatura são controladas, minimizando a possibilidade de ocorrência de estresses às sementes, ao contrário do que poderia ocorrer no viveiro, onde há variações na umidade relativa e temperatura ambiental. Dessa forma, o desempenho inferior das sementes no viveiro, quando submetidas aos tratamentos pré-germinativos com hipoclorito de sódio nas concentrações de 5 e 6% de cloro ativo, pode ser devido a essas concentrações afetarem o vigor das mesmas, o que somente é perceptível quando ocorrem condições não tão favoráveis. Além disso, o desempenho superior das sementes submetidas ao tratamento pré-germinativo com hipoclorito de sódio na concentração de 4% de cloro ativo, em condições de viveiro, pode ser devido à presença de microrganismos no substrato, os quais auxiliam a degradação do pergaminho, favorecendo a emergência das plântulas (VALIO, 1980). A concentração de 4% de cloro ativo não foi suficiente para degradar completamente o pergaminho das sementes (Experimento 1). Entretanto, esta concentração, aliada à presença de microrganismos de solo, pode degradar o pergaminho sem afetar negativamente a qualidade das sementes, promovendo maiores percentagem de emergência, IVE e menor período de tempo necessário à emergência, em relação às sementes com pergaminho (Figura 4), além de proporcionar melhor desenvolvimento das mudas.

O número médio de folhas das mudas provenientes de sementes com pergaminho foi inferior àquele das plantas provenientes de sementes sem pergaminho, removido manualmente, ou submetidas aos tratamentos pré-germinativos com hipoclorito de sódio em todos os graus de umidade (Tabela 4). Os tratamentos pré-germinativos com hipoclorito de sódio nas concentrações de 5 e 6% de cloro ativo, mesmo apresentando resultados de percentagem de emergência e IVE inferiores aos demais tratamentos, proporcionaram número de folhas semelhantes aos tratamentos testemunha e 4% de cloro ativo. Este resultado mostra que, nos tratamentos pré-germinativos com hipoclorito de sódio nas concentrações de 5 e 6% de cloro ativo, as mudas que conseguem emergir mais rapidamente apresentam melhor desenvolvimento que as demais, mesmo apresentando percentagem de emergência inferior àquela do tratamento pré-germinativo com 4% de cloro ativo. Quando as mudas

de cafeeiro atingem aproximadamente 4 pares de folhas, estão aptas para plantio em local definitivo (MATIELLO, 1991; MARTINEZ et al., 2004). Assim, o uso de hipoclorito de sódio para remoção do pergaminho proporciona formação das mudas para plantio em cinco meses, considerando que as plantas desses tratamentos apresentaram número médio de folhas superior a oito, em todos os graus de umidade. Nas condições meteorológicas de Viçosa, com temperatura média de 20°C durante o período experimental, o número médio de folhas das mudas formadas por sementes com pergaminho, semeadas em sacolas de polietileno, foi de, aproximadamente, oito folhas aos nove meses após a semeadura (SILVEIRA et al., 1973).

Tabela 4 - Número de folhas de mudas de cafeeiro (nº/planta) aos cinco meses após a semeadura, de acordo com o tratamento para degradação do pergaminho de sementes com diferentes graus de umidade

Tratamento	Grau de umidade inicial das sementes (% b.u.)				
	13	18	23	28	33
4% de cloro ativo	8,7*	8,0*	8,5*	8,9*	9,3*
5% de cloro ativo	8,2*	8,5*	8,5*	8,6*	8,7
6% de cloro ativo	8,7*	8,6*	8,5*	8,9*	9,1*
Sementes sem tratamento (com pergaminho)	7,6	7,7	7,1	7,6	7,3
Testemunha (sem pergaminho, removido manualmente)	8,8	8,7	9,0	9,0	9,6
CV (%)	8,0	5,0	7,2	4,3	5,0

*Médias iguais ao tratamento testemunha pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade, na mesma coluna.

A área foliar apresentou comportamento semelhante ao número médio de folhas por planta (Tabela 5), confirmando o melhor desempenho das plantas provenientes de sementes submetidas aos tratamentos pré-germinativos com hipoclorito de sódio ou remoção manual do pergaminho, em todos os graus de umidade das sementes. Mesmo os tratamentos pré-germinativos com hipoclorito de sódio nas concentrações de 5 e 6% de cloro ativo, que proporcionaram menor percentagem e velocidade de emergência (Tabelas 1 e 2), produziram plantas com maior área foliar, em relação às sementes com pergaminho. Isto é devido, provavelmente, à antecipação da emergência e ao menor número de plântulas emergidas por área, resultando em menor competição por luz entre as mesmas. A remoção manual do pergaminho ou a utilização de tratamentos

pré-germinativos com hipoclorito de sódio, proporcionou a formação de mudas com área foliar de aproximadamente 200 cm², aos cinco meses após a semeadura. Nas sementes com pergaminho, as mudas apresentaram menor área foliar. A área foliar por muda de cafeeiro obtida, sob as condições meteorológicas de Lavras - MG, por Melo (1999) e Melo et al. (2001), foi de aproximadamente 250 cm² por muda, com idade de sete meses. Esses autores produziram mudas em tubetes, utilizando sementes sem pergaminho.

Tabela 5 - Área foliar de mudas de cafeeiro (cm²/planta), aos cinco meses após a semeadura, de acordo com o tratamento para degradação do pergaminho de sementes com diferentes graus de umidade

Tratamento	Grau de umidade inicial das sementes (% b.u.)				
	13	18	23	28	33
4% de cloro ativo	245*	204*	196*	238*	256*
5% de cloro ativo	220*	209*	197*	219*	227*
6% de cloro ativo	232*	191*	191*	224*	238*
Sementes sem tratamento (com pergaminho)	199	179	159	184	167
Testemunha (sem pergaminho, removido manualmente)	231	207	203	235	218
CV (%)	8,0	8,0	16,1	8,5	13,0

*Médias iguais ao tratamento testemunha pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade, na mesma coluna.

A altura das mudas provenientes de sementes com pergaminho foi inferior ao tratamento com remoção manual do pergaminho, exceto para as sementes com grau de umidade de 13% (Tabela 6). A degradação do pergaminho com hipoclorito de sódio a 4% de cloro ativo proporcionou a formação de plantas com altura semelhante àquelas provenientes de sementes sem pergaminho, removido manualmente, em todos os graus de umidade das sementes (Tabela 6, Figura 5). Os tratamentos com hipoclorito de sódio a 5 e 6% de cloro ativo também proporcionaram altura das plantas semelhante àquelas provenientes de sementes sem pergaminho, em alguns graus de umidade das sementes, devido provavelmente à menor percentagem de emergência das plântulas nesses tratamentos (Tabela 1), o que diminuiu a competição por luz, favorecendo o desenvolvimento dessas plantas. Maior altura das mudas provenientes de sementes sem pergaminho, em relação àquelas provenientes das sementes com pergaminho, também

foi obtida por Carvalho et al. (1999); após 6 meses da semeadura obtiveram mudas com 11,0 e 12,2 cm de altura, provenientes de sementes com e sem pergaminho, respectivamente.

Tabela 6 - Altura das mudas de cafeeiro (cm/planta) aos cinco meses após a semeadura, de acordo com o tratamento para degradação do pergaminho de sementes com diferentes graus de umidade

Tratamento	Grau de umidade inicial das sementes (% b.u.)				
	13	18	23	28	33
4% de cloro ativo	12,0*	11,8*	12,5*	13,9*	14,0*
5% de cloro ativo	11,3*	11,9*	12,6*	12,2	14,0*
6% de cloro ativo	11,0*	10,3	12,1*	12,3	12,2
Sementes sem tratamento (com pergaminho)	10,6*	11,2	10,8	11,3	10,7
Testemunha (sem pergaminho, removido manualmente)	12,1	13,3	13,3	14,4	14,9
CV (%)	10,1	7,9	10,3	6,1	8,7

*Médias iguais ao tratamento testemunha pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade, na mesma coluna.



Figura 5 - Mudas de cafeeiro provenientes de sementes submetidas aos tratamentos hipoclorito de sódio na concentração de 4% de cloro ativo (A) e sem pergaminho removido manualmente (B), aos cinco meses de idade.

A massa seca da parte aérea das plantas (Tabela 7), a exemplo do que foi verificado nas características número de folhas por planta e área foliar por planta (Tabelas 4 e 5), também confirma o melhor desempenho das mudas provenientes de sementes submetidas aos tratamentos com hipoclorito de sódio ou remoção manual do pergaminho em relação àquelas provenientes de sementes com pergaminho, exceto para as sementes com grau de umidade de 13%.

Tabela 7 - Massa seca da parte aérea de mudas de cafeeiro (g/planta) aos cinco meses após a semeadura, de acordo com o tratamento para degradação do pergaminho de sementes com diferentes graus de umidade

Tratamento	Grau de umidade das sementes (% b.u.)				
	13	18	23	28	33
4% de cloro ativo	1,26*	1,13*	1,05*	1,31*	1,44*
5% de cloro ativo	1,12*	1,19*	1,09*	1,19*	1,31*
6% de cloro ativo	1,22*	1,11*	1,06*	1,30*	1,46*
Sementes sem tratamento (com pergaminho)	0,97*	0,98	0,81	0,93	0,97
Testemunha (sem pergaminho, removido manualmente)	1,14	1,21	1,10	1,31	1,25
CV (%)	19,9	11,1	16,4	9,6	12,4

*Médias iguais ao tratamento testemunha pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade, na mesma coluna.

De uma maneira geral, os resultados do presente trabalho mostram a viabilidade de uso da pré-embebição das sementes de cafeeiro em solução aquosa, contendo hipoclorito de sódio na concentração de 4% de cloro ativo. A utilização deste tratamento promoveu aumento da percentagem e velocidade de emergência das plântulas em relação às sementes com pergaminho, as quais são utilizadas pelos viveiristas. O efeito refletiu-se em melhor desenvolvimento das plantas até o período de transplante, garantindo, assim, antecipação na formação de mudas vigorosas para o plantio no início do período chuvoso. O menor tempo de permanência das mudas no viveiro reduz o custo de produção devido à redução na mão-de-obra para os tratos culturais, redução no número de aplicações fitossanitárias e redução no consumo de água para irrigação. O uso de hipoclorito de sódio na concentração de 4% de cloro ativo proporcionou resultados de percentagem e velocidade de emergência, bem como de desenvolvimento das mudas, semelhantes àquelas obtidas no tratamento testemunha, quando as sementes

apresentavam grau de umidade igual ou superior a 23%. Quando as sementes apresentavam grau de umidade de 13 e 18%, o uso do hipoclorito de sódio proporcionou resultados superiores ao tratamento sementes com pergaminho, porém nem sempre semelhante ao tratamento testemunha. É necessário que novas pesquisas sejam conduzidas para uma definição mais precisa da técnica a ser utilizada para pré-embebição das sementes em hipoclorito de sódio, quando as mesmas apresentarem grau de umidade inferior a 23%.

4. CONCLUSÕES

- A pré-embebição das sementes em solução aquosa, contendo hipoclorito de sódio na concentração de 4% de cloro ativo, aumentou a porcentagem e a velocidade de emergência das plântulas de cafeeiro, além de ter melhorado o desenvolvimento das mudas em relação às sementes com pergaminho;
- O uso do hipoclorito de sódio foi tão eficiente quanto a remoção manual do pergaminho, quando as sementes apresentaram grau de umidade igual ou superior a 23%.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, E.F.; REIS, L.S.; MEIRELES, R.C.; SERRANO, L.A.L. Efeito da danificação mecânica e da remoção manual do pergaminho sobre a emergência das plântulas de *Coffea arabica* L. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, v. Especial Café, n.8, p. 1-5, 2004.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: SNAD/DNDV/CLAV, 1992. 365p.

CARVALHO, G.R.; PASQUAL, M.; GUIMARÃES, R.J.; MENDES, A.N.G.; BEARZOTI, E.; FALCO, L. Efeito do tratamento de sementes na emergência e desenvolvimento de mudas de cafeeiro *Coffea arabica* L. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.23, n.4, p. 799-807, 1999.

EDMOND, J.B.; DRAPALA, W.J. The effects of temperature, sand soil and acetone on germination of okra seeds. **Proceedings American Society for Horticultural Science**, v.71, p. 428-434, 1958.

GUIMARÃES, J.R.; FRAGA, A.C.; MENDES, A.N.G.; CARVALHO, M.L.M.D.; PASQUAL, M.; CARVALHO, G. R. Efeitos da citocinina, giberelina e remoção do endocarpo na germinação de sementes de cafeeiro (*Coffea arabica* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.22, n.3, p. 390-396, 1998.

KIKUTI, A.L.P. **Aplicação de antioxidantes em sementes de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) visando a preservação da qualidade**. 2000. 72 f. (Mestrado em Agronomia). Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Lavras, Lavras.

MAESTRI, M.; VIEIRA, C. Nota sobre redução da percentagem de germinação das sementes de café (*Coffea arabica* L.) var. Bourbon, por efeito do ácido giberélico. **Revista Ceres**, Viçosa, v.11, n.65, p. 247-249, 1961.

MAGUIRRE, J.D. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigour. **Crop Science**, Madison, v.2, n.2, p. 176-177, 1962.

MARTINEZ, H.E.P.; TOMAZ, M.A.; SAKIYAMA, N.S. **Guia de acompanhamento das aulas práticas de cafeicultura**. Viçosa: Editora da UFV, 2004. 57p.

MATIELLO, J.B. **O café do cultivo ao consumo**. São Paulo: Editora Globo, 1991. 320p.

MEIRELES, R.C. **Efeito do hipoclorito de sódio e da embebição em água na germinação das sementes de café (*Coffea arabica* L.)**. 2004. 56 f. (Mestrado em Fitotecnia). Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

MELO, B. **Estudos sobre produção de mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) em tubetes**. 1999. 119 f. (Mestrado em Agronomia). Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Lavras, Lavras.

MELO, B.; MENDES, A.N.G.; CARVALHO, G.R. Métodos de semeadura e classes de sementes na produção de mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.). **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.17, n.2, p. 61-77, 2001.

RENA, A.B.; MAESTRI, M. Fisiologia do cafeeiro. In: RENA, A. B.; MALAVOLTA, E.; ROCHA, M.; YAMADA, T. **Cultura do cafeeiro: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1986. p. 13-85.

SILVEIRA, A.J.; SANTANA, D.P.; PEREIRA, M.L. Efeito do tamanho do saco plástico e do método de semeadura no desenvolvimento de mudas de café. **Seiva**, Viçosa, v.33, n.77, p. 14-18, 1973.

VALIO, I.F.M. Inhibition of germination of coffee seeds (*Coffea arabica* L.) cv. Mundo Novo by the endocarp. **Journal of Seed Technology**, East Lansing, v.5, n.1, p. 32-39, 1980.

WENT, F.W. Response of trees and shrubs. In: WENT, F.W. **The experimental control of plant growth**. New York: The Ronald Press, 1957. Cap. 12, p. 164-170.

III. REIDRATAÇÃO DE SEMENTES DE CAFEIEIRO E UTILIZAÇÃO DO HIPOCLORITO DE SÓDIO PARA ACELERAR A GERMINAÇÃO

RESUMO: O presente trabalho foi conduzido com o objetivo de desenvolver uma técnica de reidratação de sementes com grau de umidade inicial abaixo de 20%, que não comprometa a germinação das sementes, quando submetidas aos tratamentos pré-germinativos com hipoclorito de sódio. Utilizaram-se sementes de cafeeiro arábica, variedade Catuaí Vermelho IAC 44, com umidade inicial de 40%. As sementes foram secadas à sombra até atingirem as umidades desejadas. Foram realizados três ensaios, um para cada grau de umidade das sementes (10, 15 e 20%). As sementes com cada grau de umidade inicial (10, 15 e 20%) foram reidratadas até atingirem os graus de umidade de 25 ± 1 e $33\pm 1\%$, utilizando-se quatro métodos de reidratação: 1-reidratação por imersão em água; 2-reidratação por imersão em água com aeração; 3-reidratação por imersão em água corrente e 4-reidratação em rolos de papel toalha umedecidos. Em cada grau de umidade inicial, sementes não reidratadas e também após os tratamentos de reidratação, foram submetidas aos tratamentos de degradação do pergaminho por meio da pré-embebição em solução aquosa contendo hipoclorito de sódio nas concentrações de 5 e 6% de cloro ativo, durante um período de 3 horas; além destes tratamentos, para cada grau de umidade inicial das sementes e método de reidratação, foram acrescentados tratamentos constituídos por sementes cujo pergaminho foi removido manualmente após a reidratação, além de um tratamento constituído de sementes sem reidratação, cujo pergaminho foi removido manualmente (testemunha) em cada grau de umidade inicial. As sementes foram avaliadas pelos testes de primeira contagem de germinação, germinação, índice de velocidade de germinação e classificação do vigor das plântulas. Os resultados mostraram que a reidratação das sementes em rolos de papel umedecidos ou água corrente até atingirem grau de umidade de 33%, associada à pré-embebição em hipoclorito de sódio, na concentração de 6% de cloro ativo, foi eficiente para degradação do pergaminho das sementes e aceleração da germinação, quando as mesmas apresentavam umidade inicial de 15 e 20%.

Palavras-chave: hipoclorito de sódio, degradação do pergaminho, reidratação, sementes.

REHYDRATION OF THE COFFEE SEEDS AND USE OF THE SODIUM HYPOCHLORITE TO ACCELERATE GERMINATION

SUMMARY: This study was carried out to develop a technique for rehydrating seeds with initial moisture below 20%, that would not endanger the germination of those seeds when submitted to pregerminative treatments with sodium hypochlorite. Seeds of the arabic coffee, variety Catuaí Vermelho IAC 44, with 40% initial moisture were used. The seeds were dried under shadow until reaching the adequate moistures. Three assays were accomplished, as being one for each moisture content of the seeds (10, 15 and 20%). The seeds with each initial moisture content (10, 15 and 20%) were rehydrated until reaching the moisture contents of 25 ± 1 and $33\pm 1\%$, by using four rehydration methods, as follows: 1-rehydration by soaking into water; 2-rehydration by soaking into aerated water; 3-rehydration by soaking into running water; and 4-rehydration into paper towel rolls moistened. The non-hydrated seeds at each initial moisture content and also after hydration treatments were subjected to the treatments for degradation of the endocarp by presoaking into aqueous solution containing sodium hypochlorite at concentrations of 5 and 6% active chlorine for three-hour period. In addition, for each initial moisture content of the seeds and hydration method, some treatments were also accomplished, that were constituted by seeds whose endocarps were manually removed after rehydration, as well as a treatment consisting of hydrationless seeds from which the endocarp was manually removed (control) at each initial moisture content. The seeds were evaluated by the tests: first germination counting; germination; germination speed index; and seedling vigor. The results showed that rehydration of the seeds in paper towel rolls moistened or running water until reaching a moisture content of 33%, associated with presoaking in sodium hypochlorite at concentration of 6% active chlorine, was efficient in either degradation of the seed endocarp and germination acceleration when their initial moisture contents were 15 and 20%.

Keywords: sodium hypochlorite, endocarp, rehydration, seeds.

1. INTRODUÇÃO

A retirada do pergaminho é uma prática eficiente na aceleração da germinação de plântulas de cafeeiro (GUIMARÃES et al., 1998). Normalmente, a remoção mecânica do pergaminho, causa danos à semente, reduzindo a germinação das mesmas, pois, o embrião encontra-se muito superficial (CARVALHO et al., 1999; ARAUJO et al., 2004). A remoção manual, por sua vez, é extremamente trabalhosa, causando empecilhos à sua utilização, principalmente entre os viveiristas que manipulam grande quantidade de sementes.

A degradação do pergaminho de sementes de cafeeiro, por meio da pré-embebição das sementes em solução aquosa de hipoclorito de sódio contendo 5,0% de cloro ativo, durante um período de 6 a 12 horas, mostrou-se eficiente na aceleração da germinação em sementes com grau de umidade inicial de 28% (MEIRELES, 2004). Trabalhos posteriores, utilizando esta técnica em condições de laboratório, mostraram que o hipoclorito de sódio degrada eficientemente o pergaminho, porém, em sementes que apresentam grau de umidade inferior a 23%, a germinação é inferior àquela em que a remoção do pergaminho é feita manualmente (Experimento 1). Nesse trabalho, os melhores resultados foram obtidos utilizando-se 6% de hipoclorito de sódio, durante um período de 3 horas, nas sementes com graus de umidade de 23, 28 e 33%.

A técnica também foi testada em condições de viveiro, em sementes com grau de umidade inicial entre 13 e 33% (Experimento 2), sendo novamente verificado que, nas sementes com grau de umidade inferior a 23%, a emergência foi inferior àquela em que o pergaminho foi removido manualmente. Os melhores resultados foram obtidos utilizando-se a pré-embebição em hipoclorito de sódio a 4%, durante um período de 3 horas. A eficiência de concentrações menores de hipoclorito de sódio em condições de viveiro, em relação às de laboratório, foi atribuída à atuação de microrganismos, auxiliando na degradação do pergaminho (Experimento 2).

As sementes de cafeeiro são comercializadas e semeadas em uma ampla faixa de umidade. Assim, há necessidade de aperfeiçoamento da técnica, para que a mesma possa ser utilizada quando as sementes apresentarem grau de umidade inferior a 23%, em condições, tanto de laboratório, quanto de viveiro. Como sementes com grau de umidade entre 23 e 33%, pré-embebidas em hipoclorito de sódio, apresentam germinação/emergência semelhante àquelas com remoção manual do pergaminho, uma

alternativa seria a reidratação das sementes com baixo grau de umidade, antes de serem submetidas ao tratamento de degradação do pergaminho com hipoclorito de sódio.

O processo de reidratação das sementes em água é simples. Entretanto, testes preliminares, realizados no Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa, mostraram que sementes com grau de umidade de 13 e 18%, quando imersas em água para reidratação até 25-30% e submetidas a tratamentos pré-germinativos com hipoclorito de sódio, não apresentaram bom desempenho germinativo.

O processo de reidratação de sementes pode ser realizado por imersão direta em água. Esta forma de reidratação promove rápida absorção de água pelas sementes, mas pode ocasionar danificação nas membranas celulares, afetando, negativamente, a qualidade fisiológica das mesmas. Outra forma de reidratação de sementes, que proporciona absorção de água de forma mais lenta, é a utilização de papel toalha umedecido (MOTTA, 2001). A reidratação de sementes de cafeeiro em papel toalha umedecido, durante um período de 5 a 19 dias à temperatura de 25° C, mostrou-se eficiente na recuperação parcial da viabilidade de sementes, cuja germinação e vigor haviam sido reduzidos devido ao armazenamento.

Assim, a forma de reidratação de sementes com baixo grau de umidade inicial, antes da pré-embebição em hipoclorito de sódio, deve ser testada experimentalmente, para se obter uma metodologia eficiente de degradação do pergaminho e aceleração da germinação.

O presente trabalho foi conduzido com o objetivo de desenvolver uma técnica de reidratação de sementes com grau de umidade inicial abaixo de 20%, que não comprometa a germinação das sementes, quando submetidas aos tratamentos pré-germinativos com hipoclorito de sódio.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Laboratório de Pesquisa em Sementes do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa-MG. Foram utilizadas sementes de cafeeiro arábica (*Coffea arabica* L.), variedade Catuaí Vermelho IAC 44, colhidas manualmente no estágio denominado cereja. As sementes apresentavam, inicialmente, grau de umidade de 40%. As sementes foram secadas à sombra, em sacos de filó, tamanho 10 x 15 cm, contendo aproximadamente 1,3 kg de

sementes cada embalagem, até atingirem os graus de umidade de 10 ± 1 , 15 ± 1 e $20\pm 1\%$ em base úmida, os quais constituíram três lotes, sendo realizados três ensaios.

As sementes com cada grau de umidade inicial (10, 15 e 20%) foram reidratadas até atingirem os graus de umidade de 25 ± 1 e $33\pm 1\%$, utilizando-se quatro métodos de reidratação: 1-reidratação por imersão em água; 2-reidratação por imersão em água com aeração; 3-reidratação por imersão em água corrente; e 4-reidratação em rolos de papel toalha umedecidos. Para a reidratação em água, as sementes foram acondicionadas em caixas gerbox, sendo 220 sementes para 150 mL de água destilada. A reidratação com aeração foi realizada de forma semelhante à reidratação em água, sendo as sementes acondicionadas em frascos erlenmeyer, onde 220 sementes foram imersas em 150 mL de água destilada, sendo injetado ar natural por meio de uma mangueirinha conectada a uma bomba de aquário. Na reidratação em água corrente, as sementes foram acondicionadas no fundo de um balde com capacidade para 20 litros de água, sendo que uma torneira permanecia aberta, renovando a água do balde durante o período de reidratação. Para a reidratação em rolos de papel toalha, este foi umedecido com água destilada na quantidade de 2,5 vezes a sua massa, sendo, então, colocadas as sementes e os rolos acondicionados em sacos plásticos lacrados até as sementes atingirem o grau de umidade desejado. A reidratação das sementes foi realizada em temperatura ambiente de laboratório ($20 \pm 2^\circ\text{C}$), para os quatro métodos. Para determinação do tempo necessário para que as sementes atingissem os graus de umidade desejados, foram plotadas as curvas de absorção de água das sementes, para cada método e grau de umidade inicial das sementes, sendo que a partir destas, foi determinado o período de reidratação.

Em cada grau de umidade inicial, sementes não reidratadas e também após os tratamentos de reidratação, foram submetidas aos tratamentos de degradação do pergaminho por meio da pré-umbebição em solução aquosa contendo hipoclorito de sódio nas concentrações de 5 e 6% de cloro ativo, durante um período de 3 horas; além destes tratamentos, para cada grau de umidade inicial das sementes e método de reidratação, foram acrescentados tratamentos constituídos por sementes cujo pergaminho foi removido manualmente após a reidratação, além de um tratamento constituído de sementes sem reidratação, cujo pergaminho foi removido manualmente (testemunha) em cada grau de umidade inicial. Na Tabela 1 é apresentado um resumo dos tratamentos utilizados no experimento em cada grau de umidade inicial das sementes.

Tabela 1 - Resumo dos tratamentos utilizados em sementes de cafeeiro com diferentes graus de umidade inicial (10, 15 e 20%)

N ° do tratamento	Tratamento		
	Método de reidratação	Umidade atingida (%)	Método de degradação
1	água corrente	25±1	5% de cloro ativo
2	água	25±1	5% de cloro ativo
3	água/aeração	25±1	5% de cloro ativo
4	rolo papel	25±1	5% de cloro ativo
5	água corrente	25±1	6% de cloro ativo
6	água	25±1	6% de cloro ativo
7	água/aeração	25±1	6% de cloro ativo
8	rolo papel	25±1	6% de cloro ativo
9	água corrente	25±1	remoção manual
10	água	25±1	remoção manual
11	água/aeração	25±1	remoção manual
12	rolo papel	25±1	remoção manual
13	água corrente	33±1	5% de cloro ativo
14	água	33±1	5% de cloro ativo
15	água/aeração	33±1	5% de cloro ativo
16	rolo papel	33±1	5% de cloro ativo
17	água corrente	33±1	6% de cloro ativo
18	água	33±1	6% de cloro ativo
19	água/aeração	33±1	6% de cloro ativo
20	rolo papel	33±1	6% de cloro ativo
21	água corrente	33±1	remoção manual
22	água	33±1	remoção manual
23	água/aeração	33±1	remoção manual
24	rolo papel	33±1	remoção manual
25	sem reidratação	umidade inicial	5% de cloro ativo
26	sem reidratação	umidade inicial	6% de cloro ativo
27	Testemunha – sementes sem reidratação e sem pergaminho		

A concentração de cloro ativo do hipoclorito de sódio foi determinada no Laboratório de Química Analítica (LAQUA) do Departamento de Química da UFV. A concentração de cloro ativo da solução de pré-embebição foi obtida por meio da diluição do hipoclorito de sódio comercial com água destilada. Nos tratamentos de pré-embebição em solução aquosa contendo hipoclorito de sódio as sementes foram dispostas em caixas gerbox, de acordo com os tratamentos, utilizando-se a proporção de 200 mL de solução para 200 sementes. Para que não flutuassem, utilizou-se o telado das caixas gerbox sobre as sementes, para que ficassem imersas. Após esse procedimento, as caixas gerbox foram tampadas e levadas para uma BOD com temperatura constante de 25°C, onde permaneceram durante 3 horas. Decorridos os tempos de exposição à solução aquosa contendo hipoclorito de sódio, as sementes foram lavadas em água corrente durante 90 segundos, aproximadamente.

As sementes de cada tratamento foram submetidas aos testes a seguir. 1) Grau de umidade – foi determinado para elaboração da curva de absorção de umidade das sementes. O pergaminho foi removido, manualmente, antes da determinação, porque o acúmulo de água entre o mesmo e o endosperma pode mascarar a real umidade das sementes; após a remoção do pergaminho, as sementes foram secadas externamente sobre papel toalha, para remoção da umidade superficial. O grau de umidade foi determinado por meio do método da estufa a $105 \pm 3^\circ\text{C}$, durante um período de 24 horas, utilizando-se três repetições (BRASIL, 1992). 2) Teste de germinação (TG) – foi realizado com 200 sementes, utilizando, como substrato, rolos de papel germitest, previamente umedecidos com água destilada na quantidade de 2,5 vezes sua massa inicial. Os rolos foram mantidos em germinador à temperatura de 30°C, durante um período de 30 dias, de acordo com as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 1992). Os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais. 3) Primeira contagem de germinação (PCG) – consideraram-se como germinadas aquelas sementes que apresentavam protusão da raiz primária na primeira contagem do teste de germinação, realizada no 15º dia após a semeadura. 4) Índice de velocidade de germinação (IVG) – realizado juntamente com o teste de germinação, sendo as avaliações realizadas a cada quatro dias, a partir do dia em que as primeiras sementes emitiram radícula, até o dia da última contagem estabelecida pelas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 1992). Para o cálculo, utilizou-se a fórmula: $IVG = G_1/N_1 + G_2/N_2 + \dots + G_n/N_n$ em que: IVG = índice de velocidade de germinação; G_1 , G_2 , G_n = número de plântulas germinadas na primeira, na segunda e na última

contagem; N_1 , N_2 , N_n = número de dias entre a semeadura e a primeira, segunda e última contagem (MAGUIRRE, 1962). 5) Classificação do vigor das plântulas – ao término do teste de germinação, as plântulas obtidas foram avaliadas de acordo com o seu vigor, sendo classificadas como plântulas normais fortes, quando apresentavam todas as estruturas essenciais, sistema radicular bem desenvolvido e comprimento da parte aérea superior a 1,0 cm. Os resultados foram expressos em percentagem de plântulas normais fortes.

Os ensaios foram instalados em delineamento inteiramente casualizado com 4 repetições. Os dados experimentais foram submetidos à análise de variância. Em cada grau de umidade das sementes, os tratamentos foram comparados com o tratamento testemunha (sementes sem reidratação e sem pergaminho, removido manualmente) por meio do teste de Dunnett unilateral à esquerda com 5% de probabilidade, identificando-se, desta forma, os tratamentos que apresentaram resultados inferiores à testemunha.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Quando as sementes foram reidratadas em água com e sem aeração e em água corrente, a velocidade de absorção de água pelas sementes foi semelhante entre os três métodos. As curvas de absorção de água referentes às sementes com grau de umidade inicial de 10, 15 e 20%, são apresentadas nas Figuras 1, 2 e 3 para a reidratação em água sem aeração, com aeração e água corrente, respectivamente. A partir das curvas de absorção e suas equações foi determinado o tempo de reidratação das sementes para atingirem os graus de umidade de 25 e 33%.

As curvas de absorção de água das sementes reidratadas em rolo de papel são apresentadas na Figura 4. Verifica-se que essas sementes necessitam de um tempo maior para atingirem os graus de umidade de 25 e 33% (Figura 4), em relação àquelas imersas em água (Figuras 1, 2 e 3), conforme esperado.

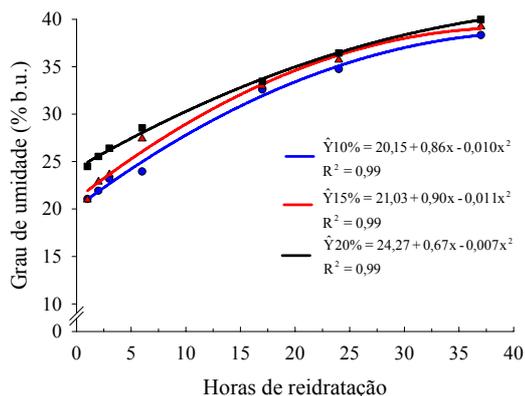


Figura 1 - Curvas de absorção de água de sementes de café reidratadas por imersão em água sem aeração.

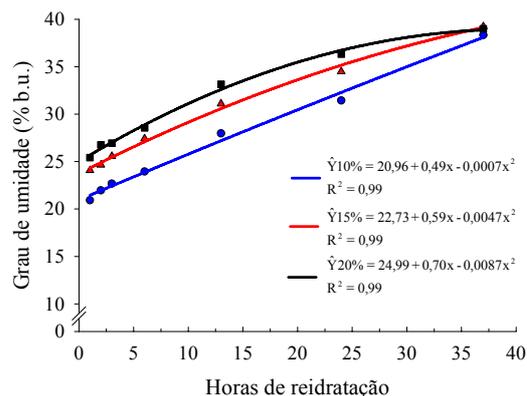


Figura 2 - Curvas de absorção de água de sementes de café reidratadas por imersão em água com aeração.

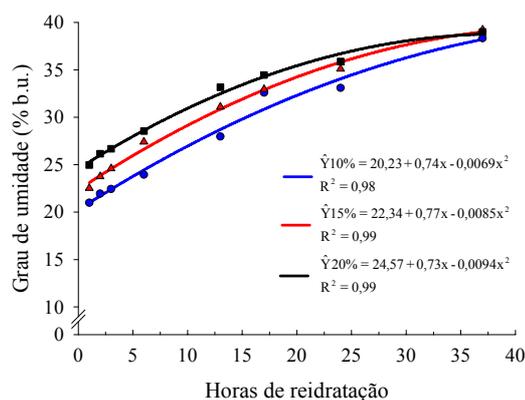


Figura 3 - Curvas de absorção de água de sementes de café reidratadas em água corrente.

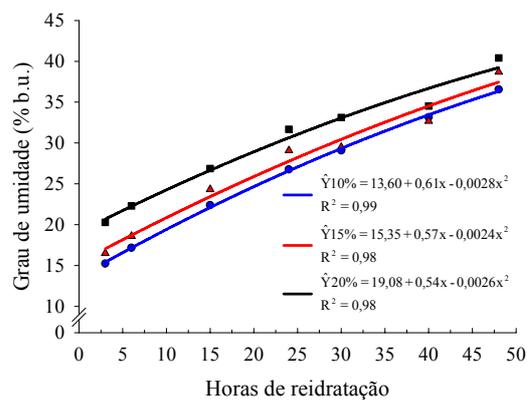


Figura 4 - Curvas de absorção de água de sementes de café reidratadas em rolos de papel toalha umedecidos.

Os tratamentos pré-germinativos com hipoclorito de sódio nas concentrações de 5 e 6% de cloro ativo, em sementes não reidratadas com grau de umidade inicial de 10, 15 e 20%, proporcionaram resultados de germinação inferior ao tratamento testemunha (sementes sem reidratação e sem pergaminho), conforme apresentado na Tabela 2. Em sementes com grau de umidade de 13 e 18%, a pré-embebição em hipoclorito de sódio também não proporcionou resultados de germinação e vigor semelhantes à remoção manual do pergaminho, sendo esses resultados atribuídos à absorção de elevadas quantidades de solução contendo hipoclorito de sódio (Experimento 1).

Tabela 2 - Germinação (%) de sementes de cafeeiro, de acordo com os tratamentos de reidratação e degradação do pergaminho de sementes com diferentes graus de umidade inicial

Método de reidratação	Tratamento		Grau de umidade inicial (b.u.)		
	Umidade atingida (%)	Método de degradação	10	15	20
água corrente	25±1	5% de cloro ativo	44	69	82
água	25±1	5% de cloro ativo	47	58	63
água/aeração	25±1	5% de cloro ativo	59	69	78
rolo papel	25±1	5% de cloro ativo	72	81	67
água corrente	25±1	6% de cloro ativo	58	89*	91*
água	25±1	6% de cloro ativo	57	57	67
água/aeração	25±1	6% de cloro ativo	59	67	53
rolo papel	25±1	6% de cloro ativo	74	81	84*
água corrente	25±1	remoção manual	86*	89*	91*
água	25±1	remoção manual	89*	92*	96*
água/aeração	25±1	remoção manual	95*	94*	95*
rolo papel	25±1	remoção manual	93*	96*	93*
água corrente	33±1	5% de cloro ativo	56	80	91*
água	33±1	5% de cloro ativo	62	66	63
água/aeração	33±1	5% de cloro ativo	69	57	66
rolo papel	33±1	5% de cloro ativo	77	90*	82
água corrente	33±1	6% de cloro ativo	69	89*	87*
água	33±1	6% de cloro ativo	66	51	60
água/aeração	33±1	6% de cloro ativo	65	59	60
rolo papel	33±1	6% de cloro ativo	55	92*	84*
água corrente	33±1	remoção manual	85*	96*	94*
água	33±1	remoção manual	92*	95*	96*
água/aeração	33±1	remoção manual	95*	96*	96*
rolo papel	33±1	remoção manual	96*	95*	94*
sem reidratação	umidade inicial	5% de cloro ativo	58	50	62
sem reidratação	umidade inicial	6% de cloro ativo	78	73	68
Testemunha – sementes sem reidratação e sem pergaminho			92	95	93
CV (%)			7,3	6,4	6,4

* Médias iguais ao tratamento testemunha pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade, na mesma coluna.

Quando as sementes apresentavam grau de umidade inicial de 10%, sua reidratação até atingirem os graus de umidade de 25 e 33%, seguida dos tratamentos pré-germinativos com hipoclorito de sódio, proporcionou percentagem de germinação inferior ao tratamento testemunha, com remoção manual do pergaminho, independentemente do método de reidratação utilizado (Tabela 2). Por outro lado, todas as formas de reidratação das sementes, seguidas de remoção manual do pergaminho, proporcionaram germinação semelhante ao tratamento testemunha. Estes resultados mostram que, quando as sementes apresentam grau de umidade inicial de 10%, a pré-embebição com hipoclorito de sódio, visando à degradação do pergaminho, não proporciona elevada percentagem de germinação de sementes, mesmo com reidratação. Provavelmente, a rápida absorção de água, quando as sementes apresentavam grau de umidade inicial de 10%, associada aos tratamentos de pré-embebição em hipoclorito de sódio, que ocasiona absorção de cloro, tenha reduzido o vigor das sementes e, conseqüentemente, a percentagem de germinação. A velocidade com que a água penetra nos tecidos das sementes tem conseqüências importantes para a germinação (SGUAREZI et al., 2001), sendo que o resultado da rápida embebição das sementes é a redução da integridade das membranas, com perda dos constituintes celulares e baixa percentagem de germinação, conforme verificado em outras espécies (PARRISH & LEOPOLD, 1978).

Em sementes com grau de umidade inicial de 15%, o tratamento pré-germinativo com hipoclorito de sódio, nas concentrações de 5 e 6% de cloro ativo, após sua reidratação em rolos de papel umedecidos ou água corrente, até atingirem grau de umidade de 33%, promoveu germinação das sementes semelhante ao tratamento testemunha, exceto para o tratamento de reidratação em água corrente associado a pré-embebição em hipoclorito de sódio a 5%. A reidratação das sementes em água corrente, até atingirem grau de umidade de 25%, também proporcionou germinação semelhante ao tratamento testemunha, quando as mesmas foram pré-embebidadas em hipoclorito de sódio a 6%.

No grau de umidade inicial de 20%, o tratamento pré-germinativo com hipoclorito de sódio, nas concentrações de 5 e 6% de cloro ativo, após sua reidratação em rolos de papel umedecidos ou água corrente até atingirem grau de umidade de 33%, também promoveu germinação de sementes semelhante ao tratamento testemunha, exceto para o tratamento de reidratação em rolos de papel umedecidos associado a

pré-embebição em hipoclorito de sódio a 5%. Neste grau de umidade inicial, a reidratação em água corrente ou rolos de papel umedecidos até 25%, associada ao tratamento pré-germinativo com hipoclorito de sódio a 6%, também promoveu percentagem de germinação semelhante ao tratamento testemunha. Entretanto, a pré-embebição em hipoclorito de sódio, na concentração de 5% de cloro ativo, proporcionou percentagem de germinação inferior ao tratamento testemunha.

A reidratação em água com e sem aeração, seguida de tratamentos pré-germinativos com hipoclorito de sódio ocasionou baixas percentagens de germinação das sementes. Por outro lado, quando as sementes foram submetidas à reidratação e, posteriormente, à remoção manual do pergaminho, a germinação foi semelhante ao tratamento testemunha, independentemente do método de reidratação utilizado em todos os graus de umidade inicial. A eficiência do hipoclorito de sódio na concentração de 6% de cloro ativo, na degradação do pergaminho de sementes com grau de umidade inicial superior a 23%, foi verificada em trabalhos realizados anteriormente (Experimento 1). Entretanto, no presente trabalho, verificou-se que as sementes com baixo grau de umidade e submetidas à reidratação apresentaram melhor desempenho, quando seu grau de umidade foi aumentado até 33%. A forma de reidratação das sementes também é importante, pois, nas sementes reidratadas em água com e sem aeração, o hipoclorito de sódio proporcionou percentagem de germinação inferior ao tratamento testemunha.

A baixa percentagem de germinação obtida nos tratamentos em que as sementes foram reidratadas em água com aeração e submetidas aos tratamentos de pré-embebição com hipoclorito de sódio, mostra que a falta de oxigenação não é a causa desta baixa germinação das sementes. Por outro lado, as sementes reidratadas em rolos de papel umedecidos ou água corrente e submetidas ao tratamento com hipoclorito de sódio, apresentaram germinação semelhante ao tratamento testemunha.

Provavelmente, a causa da baixa percentagem de germinação das sementes, quando submetidas à reidratação em água com e sem aeração, é decorrente da liberação de substâncias inibidoras da germinação na solução, durante o período de reidratação. Após o período de reidratação, foi observado que a água, em que as sementes estavam imersas, apresentava-se com coloração escura, reforçando a hipótese de lixiviação de substâncias inibidoras da germinação das sementes e possível absorção pelo embrião ou partes vitais das sementes. Portanto, quando as sementes são reidratadas em rolos de

papel umedecidos, provavelmente, ocorre absorção lenta de água pelas sementes minimizando a lixiviação de substâncias das sementes para a solução. Por outro lado, quando reidratadas em água corrente, provavelmente, ocorre lixiviação de substâncias inibidoras, porém as mesmas não são mantidas na solução e, portanto, o embrião e as partes vitais das sementes não são atingidas por esses inibidores. A inibição da germinação das sementes de cafeeiro foi atribuída, principalmente, à presença de cafeína nas sementes (FRIEDMAN & WALLER, 1983; BAUMANN & GABRIEL, 1984; PEREIRA et al., 2002). Foi verificado que a cafeína causa inibição das divisões celulares mitóticas no embrião e que, as sementes de cafeeiro se protegem dessa inibição por meio da separação espacial entre o endosperma que é rico em cafeína e o embrião (FRIEDMAN & WALLER, 1983). Pereira et al. (2002) também verificaram que o pergaminho e o espermodermis de sementes de cafeeiro apresentam elevadas quantidades de cafeína, sendo que os extratos dessas partes das sementes causaram inibição da germinação de sementes de alface em bioensaios. Assim, a reidratação de sementes em água pode ter ocasionado a lixiviação dessa substância presente nas sementes para a água de reidratação, favorecendo seu contato com o embrião e afetando negativamente o vigor dessas sementes, o que, associado à pré-embebição e absorção de solução de hipoclorito de sódio, ocasiona a redução da germinação.

Quando as sementes foram reidratadas por imersão em água com e sem aeração e o pergaminho foi removido manualmente, a percentagem de germinação foi semelhante ao tratamento testemunha. Assim, mesmo havendo lixiviação de substâncias inibidoras na água de reidratação, a remoção manual do pergaminho possibilitou a germinação das sementes.

Os resultados obtidos no teste de primeira contagem de germinação (Tabela 3) apresentaram magnitude, entre os tratamentos, semelhantes aos observados no teste de germinação. Nas sementes com grau de umidade inicial de 10%, somente os tratamentos de reidratação com remoção manual do pergaminho apresentaram resultados semelhantes ao tratamento testemunha. No grau de umidade inicial das sementes de 15%, além dos tratamentos de reidratação com remoção manual do pergaminho, o tratamento de pré-embebição em hipoclorito de sódio a 6%, proporcionou resultados semelhantes ao tratamento testemunha, quando as sementes foram reidratadas em rolos de papel umedecidos ou água corrente até a umidade de 33%. Nas sementes com grau de umidade inicial de 20%, além dos tratamentos de reidratação com remoção manual

do pergaminho, a reidratação em água corrente seguida de pré-embebição das sementes em hipoclorito de sódio a 5 e 6%, também, proporcionou resultados semelhantes ao tratamento testemunha, exceto no tratamento com 5% de hipoclorito de sódio, quando as sementes foram reidratadas até o grau de umidade de 25%.

O IVG também apresentou resultados semelhantes aos observados no teste de germinação e primeira contagem do teste de germinação (Tabela 4). Em sementes com grau de umidade inicial de 10%, a pré-embebição em hipoclorito de sódio proporcionou resultados inferiores ao tratamento testemunha. Neste grau de umidade, somente os tratamentos de reidratação com remoção manual do pergaminho apresentaram resultados semelhantes ao tratamento testemunha. Sementes com grau de umidade inicial de 15%, quando reidratadas em água corrente ou rolos de papel umedecidos até o grau de umidade de 33%, associado ao tratamento de pré-embebição em hipoclorito de sódio na concentração de 6%, apresentaram velocidade de germinação semelhante ao tratamento testemunha. No grau de umidade inicial das sementes de 20%, a reidratação em água corrente, associada aos tratamentos de pré-embebição em hipoclorito de sódio, proporcionou germinação semelhante ao tratamento testemunha, exceto no tratamento com reidratação até 25% associado ao tratamento de pré-embebição em hipoclorito de sódio a 5%. Nos graus de umidade de 15 e 20%, todos os tratamentos de reidratação com remoção manual do pergaminho apresentaram resultados semelhantes ao tratamento testemunha.

A eficiência da pré-embebição em hipoclorito de sódio, na concentração de 6% de cloro ativo, para degradação do pergaminho e aceleração da germinação em condições de laboratório, também foi constatada quando as sementes apresentavam grau de umidade inicial entre 23 e 33% (Experimento 1). No presente experimento, a reidratação das sementes até atingirem grau de umidade de 25%, seguida de pré-embebição em hipoclorito de sódio, nem sempre proporcionou velocidade de germinação semelhante ao tratamento testemunha, exceto para o grau de umidade inicial de 20%, em que a reidratação em água corrente, associada à pré-embebição em hipoclorito de sódio a 6%, proporcionou resultados semelhantes ao tratamento testemunha. Esses resultados sugerem que, quando as sementes apresentam baixo grau de umidade, a reidratação deve ser feita até as sementes atingirem grau de umidade em torno de 33% para que a pré-embebição em hipoclorito de sódio seja eficiente na degradação do pergaminho e aceleração da germinação.

Tabela 3 - Primeira contagem do teste de germinação (%) de sementes de cafeeiro, de acordo com os tratamentos de reidratação e degradação do pergaminho de sementes com diferentes graus de umidade inicial

Tratamento			Grau de umidade inicial (b.u.)		
Método de reidratação	Umidade atingida (%)	Método de degradação	10	15	20
água corrente	25±1	5% de cloro ativo	19	57	75
água	25±1	5% de cloro ativo	44	49	60
água/aeração	25±1	5% de cloro ativo	55	61	72
rolo papel	25±1	5% de cloro ativo	62	81	48
água corrente	25±1	6% de cloro ativo	57	81	89*
água	25±1	6% de cloro ativo	54	52	64
água/aeração	25±1	6% de cloro ativo	58	66	53
rolo papel	25±1	6% de cloro ativo	70	79	80
água corrente	25±1	remoção manual	85*	89*	91*
água	25±1	remoção manual	89*	92*	95*
água/aeração	25±1	remoção manual	94*	94*	95*
rolo papel	25±1	remoção manual	93*	96*	93*
água corrente	33±1	5% de cloro ativo	50	67	85*
água	33±1	5% de cloro ativo	54	61	60
água/aeração	33±1	5% de cloro ativo	66	57	60
rolo papel	33±1	5% de cloro ativo	77	85	72
água corrente	33±1	6% de cloro ativo	63	89*	86*
água	33±1	6% de cloro ativo	60	47	60
água/aeração	33±1	6% de cloro ativo	66	58	60
rolo papel	33±1	6% de cloro ativo	51	87*	78
água corrente	33±1	remoção manual	84*	96*	92*
água	33±1	remoção manual	92*	95*	96*
água/aeração	33±1	remoção manual	95*	96*	96*
rolo papel	33±1	remoção manual	95*	95*	92*
sem reidratação	umidade inicial	5% de cloro ativo	55	37	56
sem reidratação	umidade inicial	6% de cloro ativo	72	70	65
Testemunha – sementes sem reidratação e sem pergaminho			92	95	93
CV (%)			8,7	6,4	7,1

* Médias iguais ao tratamento testemunha pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade, na mesma coluna.

Tabela 4 - Índice de velocidade de germinação de sementes de cafeeiro, de acordo com os tratamentos de reidratação e degradação do pergaminho de sementes com diferentes graus de umidade inicial

Método de reidratação	Tratamento		Grau de umidade inicial (b.u.)		
	Umidade atingida (%)	Método de degradação	10	15	20
água corrente	25±1	5% de cloro ativo	2,63	5,08	6,20
água	25±1	5% de cloro ativo	3,48	4,36	5,10
água/aeração	25±1	5% de cloro ativo	4,52	5,39	6,11
rolo papel	25±1	5% de cloro ativo	5,52	6,75	4,69
água corrente	25±1	6% de cloro ativo	4,62	7,08	7,37*
água	25±1	6% de cloro ativo	4,57	4,54	5,43
água/aeração	25±1	6% de cloro ativo	4,68	5,52	4,40
rolo papel	25±1	6% de cloro ativo	5,87	6,55	6,66
água corrente	25±1	remoção manual	7,08*	7,40*	7,58*
água	25±1	remoção manual	7,42*	7,66*	7,97*
água/aeração	25±1	remoção manual	7,85*	7,83*	7,88*
rolo papel	25±1	remoção manual	7,75*	7,99*	7,75*
água corrente	33±1	5% de cloro ativo	4,31	6,04	6,94*
água	33±1	5% de cloro ativo	4,68	5,17	4,96
água/aeração	33±1	5% de cloro ativo	5,31	4,73	5,04
rolo papel	33±1	5% de cloro ativo	6,49	7,15	6,27
água corrente	33±1	6% de cloro ativo	5,49	7,28*	7,06*
água	33±1	6% de cloro ativo	5,41	4,10	4,92
água/aeração	33±1	6% de cloro ativo	5,81	4,86	4,92
rolo papel	33±1	6% de cloro ativo	4,39	7,40*	6,68
água corrente	33±1	remoção manual	6,98*	7,94*	7,71*
água	33±1	remoção manual	7,63*	7,86*	7,93*
água/aeração	33±1	remoção manual	7,88*	7,95*	7,93*
rolo papel	33±1	remoção manual	7,95*	7,84*	7,73*
sem reidratação	umidade inicial	5% de cloro ativo	4,24	3,43	4,62
sem reidratação	umidade inicial	6% de cloro ativo	6,01	5,59	5,25
Testemunha – sementes sem reidratação e sem pergaminho			7,61	7,88	7,73
CV (%)			7,2	5,7	6,7

* Médias iguais ao tratamento testemunha pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade, na mesma coluna.

Os resultados do teste de classificação do vigor de plântulas (Tabela 5) mostraram que a reidratação das sementes, seguida da pré-embebição em hipoclorito de sódio, proporcionou percentagem de plântulas normais fortes inferior ao tratamento testemunha em todos os graus de umidade inicial. Os tratamentos em que o pergaminho foi removido manualmente, após reidratação das sementes, apresentaram percentagem de plântulas normais fortes semelhante ao tratamento testemunha. Mesmo apresentando percentual de plântulas normais fortes inferior ao tratamento testemunha, o tratamento de pré-embebição com hipoclorito de sódio na concentração de 6% de cloro ativo, após a reidratação das sementes em rolos de papel umedecidos ou água corrente até atingirem graus de umidade de 25 e 33%, apresentou os melhores resultados. A menor percentagem de plântulas normais fortes, obtida nos tratamentos de reidratação e pré-embebição com hipoclorito de sódio é, provavelmente, decorrente da presença de pequenos fragmentos do pergaminho, mesmo após a pré-embebição em hipoclorito de sódio que, em condições de laboratório, com reduzida presença de microrganismos, ocasiona atraso na germinação, reduzindo o percentual de plântulas fortes no final do teste de germinação, conforme observado por Valio (1980). Outra possível causa deste percentual inferior de plântulas normais fortes é o hipoclorito de sódio ter afetado, negativamente, o vigor das sementes, originando plântulas menores. Em condições de viveiro, verificou-se que as concentrações de hipoclorito de sódio de 5 e 6% reduziram o vigor das sementes, sendo os melhores resultados obtidos com hipoclorito de sódio na concentração de 4% de cloro ativo (Experimento 2). Entretanto, em condições de laboratório, a ausência de microrganismos faz com que a concentração de 4% de hipoclorito apresente baixa eficiência na degradação do pergaminho e aceleração da germinação.

A reidratação das sementes em água com e sem aeração, seguida de pré-embebição das sementes em hipoclorito de sódio, proporcionou percentual de plântulas normais fortes muito inferior àquelas provenientes da reidratação em rolos de papel umedecidos ou em água corrente. Esses resultados reforçam a possível lixiviação de substâncias inibidoras durante o período de reidratação.

Tabela 5 - Plântulas fortes no teste de germinação (%) de sementes de cafeeiro, de acordo com os tratamentos de reidratação e degradação do pergaminho de sementes com diferentes graus de umidade inicial

Tratamento			Grau de umidade inicial (b.u.)		
Método de reidratação	Umidade atingida (%)	Método de degradação	10	15	20
água corrente	25±1	5% de cloro ativo	10	18	37
água	25±1	5% de cloro ativo	8	8	16
água/aeração	25±1	5% de cloro ativo	16	16	21
rolo papel	25±1	5% de cloro ativo	32	38	31
água corrente	25±1	6% de cloro ativo	32	50	62
água	25±1	6% de cloro ativo	26	22	26
água/aeração	25±1	6% de cloro ativo	16	26	9
rolo papel	25±1	6% de cloro ativo	50	50	52
água corrente	25±1	remoção manual	74*	86*	86*
água	25±1	remoção manual	83*	80*	87*
água/aeração	25±1	remoção manual	88*	77*	76*
rolo papel	25±1	remoção manual	84*	89*	85*
água corrente	33±1	5% de cloro ativo	26	26	46
água	33±1	5% de cloro ativo	22	29	25
água/aeração	33±1	5% de cloro ativo	30	28	20
rolo papel	33±1	5% de cloro ativo	48	68	44
água corrente	33±1	6% de cloro ativo	41	61	61
água	33±1	6% de cloro ativo	31	28	27
água/aeração	33±1	6% de cloro ativo	45	21	27
rolo papel	33±1	6% de cloro ativo	42	65	57
água corrente	33±1	remoção manual	79*	91*	91*
água	33±1	remoção manual	77*	70*	83*
água/aeração	33±1	remoção manual	83*	88*	83*
rolo papel	33±1	remoção manual	93*	91*	93*
sem reidratação	umidade inicial	5% de cloro ativo	10	20	14
sem reidratação	umidade inicial	6% de cloro ativo	41	28	27
Testemunha – sementes sem reidratação e sem pergaminho			83	88	78
CV (%)			12,9	10,7	11,5

* Médias iguais ao tratamento testemunha pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade, na mesma coluna.

Os resultados do presente trabalho mostram a viabilidade de utilização da reidratação das sementes até 33% de umidade, antes da pré-embebição em hipoclorito de sódio para a degradação do pergaminho das sementes e aceleração da germinação. Porém, a reidratação somente é efetiva, se for realizada em água corrente ou utilizando-se como substrato rolos de papel umedecidos, quando as sementes apresentam grau de umidade inicial igual ou superior a 15%. A reidratação das sementes por imersão em água, provavelmente, ocasiona liberação de substâncias inibidoras na água, prejudicando o desempenho das sementes após a pré-embebição em hipoclorito de sódio. Há necessidade de novos experimentos em condições de viveiro, a fim de comprovar tanto a eficiência da reidratação das sementes de cafeeiro com baixo grau de umidade quanto a utilização do hipoclorito de sódio. No entanto, em condições de viveiro é necessário testar concentrações de hipoclorito de sódio inferiores a 5%, pois a presença de microrganismos auxilia na degradação do pergaminho (Experimento 2).

4. CONCLUSÕES

- A reidratação das sementes em rolos de papel umedecidos ou água corrente até atingirem grau de umidade de 33%, associada à pré-embebição em hipoclorito de sódio, na concentração de 6% de cloro ativo, foi eficiente para degradação do pergaminho e aceleração da germinação, quando as mesmas apresentavam umidade inicial de 15 e 20%.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, E.F.; REIS, L.S.; MEIRELES, R.C.; SERRANO, L.A.L. Efeito da danificação mecânica e da remoção manual do pergaminho sobre a emergência das plântulas de *Coffea arabica* L. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, v. Especial Café, n.8, p. 1-5, 2004.

BAUMANN, T.W.; GABRIEL, H. Metabolism and excretion of caffeine during germination of *Coffea arabica* L. **Plant e Cell Physiology**, Zurich, v.25, n.8, p. 1431-1436, 1984.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: SNAD/DNDV/CLAV, 1992. 365p.

CARVALHO, G.R.; PASQUAL, M.; GUIMARÃES, R.J.; MENDES, A.N.G.; BEARZOTI, E.; FALCO, L. Efeito do tratamento de sementes na emergência e desenvolvimento de mudas de cafeeiro *Coffea arabica* L. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.23, n.4, p. 799-807, 1999.

FRIEDMAN, J.; WALLER, G. Caffeine hazards and their prevention in germinating seeds of coffee (*Coffea arabica* L.). **Journal of Chemical Ecology**, v.9, n.8, p. 1099-1106, 1983.

GUIMARÃES, J.R.; FRAGA, A.C.; MENDES, A.N.G.; CARVALHO, M.L.M.D.; PASQUAL, M.; CARVALHO, G.R. Efeitos da citocinina, giberelina e remoção do endocarpo na germinação de sementes de cafeeiro (*Coffea arabica* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.22, n.3, p. 390-396, 1998.

MAGUIRRE, J.D. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigour. **Crop Science**, Madison, v.2, n.2, p. 176-177, 1962.

MEIRELES, R.C. **Efeito do hipoclorito de sódio e da embebição em água na germinação das sementes de café (*Coffea arabica* L.)**. 2004. 56 f. (Mestrado em Fitotecnia). Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

MOTTA, C.A.P. Recuperação da viabilidade de sementes de café após tratamentos de hidratação e desidratação. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.25, n.5, p. 1142-1149, 2001.

PARRISH, D.J.; LEOPOLD, A.C. On the mechanism of ageing in soybean seeds. **Plant Physiology**, Lancaster, v.61, n.1, p.365-368, 1978.

PEREIRA, C.E.; VON PINHO, E.V.R.; OLIVEIRA, D.F.; KIKUTI, A.L.P. Determinação de inibidores da germinação no espermoderma de sementes de café (*Coffea arabica* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.24, n.1, p.306-311, 2002.

SGUAREZI, C.N.; BRACCINI, A.L.; SCAPIM, C.A.; BRACCINI, M.C.L.; DALPASQUALE, V.A. Avaliação de tratamentos pré-germinativos para melhorar o desempenho de sementes de café (*Coffea arabica* L.). II. Processo de umidificação. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.23, n.2, p. 162-170, 2001.

VALIO, I.F.M. Inhibition of germination of coffee seeds (*Coffea arabica* L.) cv. Mundo Novo by the endocarp. **Journal of Seed Technology**, East Lansing, v.5, n.1, p. 32-39, 1980.