



**JÉSSICA PUTINI LUIZI CAMPOS**

**EFEITO DA SUPERAÇÃO DA DORMÊNCIA NO  
ARMAZENAMENTO DE SEMENTES E  
SINTOMAS DE DEFICIÊNCIA NUTRICIONAL  
EM MUDAS DE *Acacia mearnsii* (De Wild.)**

**LAVRAS – MG**

**2015**

**JÉSSICA PUTINI LUIZI CAMPOS**

**EFEITO DA SUPERAÇÃO DA DORMÊNCIA NO ARMAZENAMENTO  
DE SEMENTES E SINTOMAS DE DEFICIÊNCIA NUTRICIONAL EM  
MUDAS DE *Acacia mearnsii* (De Wild.)**

Dissertação apresentada a Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal, área de concentração em Ciências Florestais, para a obtenção do título de Mestre.

Orientador

Prof. Dr. Nelson Venturin

Coorientador

Prof. Dr. Renato Mendes Guimarães

**LAVRAS – MG**

**2015**

**Ficha Catalográfica Elaborada pela Divisão de Processos Técnicos da  
Biblioteca da UFLA**

Campos, Jéssica Putini Luiz.

Efeito da superação da dormência no armazenamento de sementes e sintomas de deficiência nutricional em mudas de *Acacia mearnsii*/ Jéssica Putini Luiz Campos. – Lavras : UFLA, 2015.

73 p. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2012.  
Orientador: Nelson Venturin.  
Bibliografia.

1. Acácia negra. 2. Impermeabilidade tegumentar. 3. Qualidade fisiológica. 4. Diagnose visual. 5. Ausência de nutrientes. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

**NUTRIÇÃO DE MUDAS E EFEITO DA SUPERAÇÃO DA  
DORMÊNCIA NO ARMAZENAMENTO DE SEMENTES DE *Acacia  
mearnsii* (De Wild.)**

Dissertação apresentada a Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal, área de concentração em Ciências Florestais, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 02 de julho de 2015.

Prof. Dr. Renato Mendes Guimarães	UFLA
Prof. Dr. Antonio Rodrigues Vieira	EPAMIG
Prof. Dr. José Marcio Rocha Faria	UFLA

Prof. Dr. Nelson Venturin  
Orientador

**LAVRAS – MG  
2015**

*Aos meus pais, Angela e Alexandre, e  
à minha avó Ivone, exemplos de vida e  
perseverança, representantes fiéis do  
amor e do eterno companheirismo.*

*DEDICO*

“Se temos de esperar, que seja para colher a semente boa que lançamos hoje no solo da vida. Se for para semear, então que seja para produzir milhões de sorrisos, de solidariedade e amizade.”

“O que vale na vida não é o ponto de partida e sim a caminhada. Caminhando e semeando, no fim terás o que colher.”

(Cora Coralina)

## RESUMO GERAL

Objetivou-se com este trabalho avaliar o efeito das deficiências nutricionais em mudas de *Acacia mearnsii* e a influência da superação da dormência na conservação de sementes da referida espécie por meio do armazenamento em laboratório. No primeiro artigo, buscou-se uma relação entre a presença de dormência física e a manutenção da longevidade das sementes de acácia negra. O lote inicial foi separado da seguinte maneira: em parte das sementes, a dormência foi superada com ácido sulfúrico por 50 minutos e, em seguida, foi feita a lavagem das sementes em água corrente e em outra parte as sementes permaneceram dormentes. Posteriormente, os dois lotes, com e sem dormência superada, foram armazenadas em embalagens plásticas de polietileno seladas em ambiente de câmara fria ( $12\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) e em ambiente de laboratório ( $20 - 34\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Após 3, 6 e 9 meses de armazenamento as sementes foram avaliadas quanto a sua qualidade fisiológica por meio de testes de germinação, umidade, comprimento de plântulas, condutividade elétrica e envelhecimento acelerado. Diferentemente do armazenamento em câmara fria, houve perda do potencial germinativo em sementes com dormência superada. E redução do vigor das sementes, expressa pelo teste de envelhecimento acelerado em todos os tratamentos. O grau de umidade das sementes durante o armazenamento se manteve constante, exceto se comparadas as sementes com e sem dormência superada, as primeiras com médias superiores. Também houve aumento da condutividade elétrica em todos os tratamentos a partir do sexto mês de armazenamento, demonstrando diminuição do vigor das sementes, acompanhando o comportamento observado no teste de germinação. Conclui-se, portanto, que a impermeabilidade tegumentar está relacionada à manutenção da viabilidade das sementes no armazenamento, sendo que a ausência da dormência influencia negativamente a germinação e o vigor das sementes armazenadas. No segundo artigo, foram caracterizados os sintomas visuais de deficiência nutricional em mudas de *Acacia mearnsii* e avaliados o crescimento, a produção de biomassa e o acúmulo de nutrientes na parte aérea de mudas de *Acacia mearnsii* sob ausência de macro e micronutrientes pela técnica do elemento faltante em solução nutritiva. Os tratamentos constituíram-se de soluções nutritivas: solução completa (SC), SC-N, SC-P, SC-K, SC-Ca, SC-Mg, SC-S, SC-Mn, SC-Mo, SC-Zn, SC-Fe, SC-B, SC-Cu. Todos os tratamentos apresentaram sintomas de deficiência nutricional. O decréscimo de produção manifestou-se na seguinte ordem:  $\text{Ca}=\text{B}=\text{N}=\text{Fe}<\text{Zn}<\text{K}<\text{Mg}=\text{Cu}<\text{P}=\text{S}<\text{Mn}=\text{Completo}$ .

**Palavras-chave:** Acácia negra. Impermeabilidade tegumentar. Qualidade Fisiológica. Diagnose visual. Ausência de nutriente.

## GENERAL ABSTRACT

This study aimed to understand and evaluate the effect of nutritional deficiencies in seedlings of *Acacia mearnsii* and the influence of breaking dormancy in seed conservation of that species through laboratory storage. In the first article, we attempted to establish a relationship between the presence of physical dormancy and maintaining the longevity of acacia seeds. The initial batch was separated as follows: in part of seeds, the dormancy was broken with sulfuric acid for 50 minutes, and then washing the seeds in tap water was taken, and another part of seeds remained dormant. Subsequently, the two batches, with and without overcome dormancy were stored in sealed plastic containers polyethylene in cold room conditions ( $12^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ ) and laboratory ambient ( $20 - 34^{\circ}\text{C}$ ). After 3, 6 and 9 months of storage seeds were evaluated as to physiological quality by the germination test, moisture, seedling length, electrical conductivity and accelerated aging. Unlike in cold room conditions storage, there were losses of germination potential seeds to overcome dormancy. There was reduction of seed vigor, expressed by accelerated aging test for all treatments. The moisture content of the seeds during storage remained constant, except when compared with seeds and without overcome dormancy, the first with higher averages. There was also an increase in electrical conductivity in all treatments from the sixth month of storage, showing decrease of seed vigor, following the behavior observed in the germination test. It follows that the impermeability cutaneous is related to maintaining seed viability in storage, and the absence the dormancy has negatively influence and germination and vigor of stored seed. In the second article, the visual symptoms of nutrient deficiency were characterized in *Acacia mearnsii* seedlings and evaluated the growth, biomass production and nutrient accumulation in shoots of seedlings *Acacia mearnsii* in the absence of macro and micronutrients by the missing element technique in nutrient solution. The treatments consisted of thirteen nutrient solutions: complete solution (SC), SC-N, SC-P, SC-K, SC Ca, Mg-SC, SC-S, SC-Mn, SC, Mo, Zn-SC, Fe-SC, SC-B, SC-Cu. All treatments showed symptoms of nutritional deficiency. The decrease of production was manifested in the following order: Ca=B =N=Fe < Zn<K<Mg=Cu<P=S<Mn=Completo.

**Keywords:** Black Wattle. Cutaneous impermeability. Physiological quality. Visual diagnosis. Absence of nutrients.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	Sintomas de deficiência nutricional em folhas e em mudas de <i>Acacia mearnsii</i> submetidas ao tratamento de omissão de nitrogênio.....	59
Figura 2	Sintomas de deficiência nutricional em folhas e em mudas de <i>Acacia mearnsii</i> submetidas ao tratamento de omissão de fósforo.....	60
Figura 3	Sintomas de deficiência nutricional em folhas e em mudas de <i>Acacia mearnsii</i> submetidas ao tratamento de omissão de potássio.....	61
Figura 4	Sintomas de deficiência nutricional em folhas e em mudas de <i>Acacia mearnsii</i> submetidas ao tratamento de omissão de cálcio.....	62
Figura 5	Sintomas de deficiência nutricional em folhas e em mudas de <i>Acacia mearnsii</i> submetidas ao tratamento de omissão de magnésio.....	63
Figura 6	Sintomas de deficiência nutricional em folhas e em mudas de <i>Acacia mearnsii</i> submetidas ao tratamento de omissão de molibdênio.....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
Figura 7	Sintomas de deficiência nutricional em folhas e em mudas de <i>Acacia mearnsii</i> submetidas ao tratamento de omissão de manganês.....	65
Figura 8	Sintomas de deficiência nutricional em folhas e em mudas de <i>Acacia mearnsii</i> submetidas ao tratamento de omissão de zinco.....	66

Figura 9	Sintomas de deficiência nutricional em folhas e em mudas de <i>Acacia mearnsii</i> submetidas ao tratamento de omissão de enxofre.....	67
Figura 10	Sintomas de deficiência nutricional em folhas e em mudas de <i>Acacia mearnsii</i> submetidas ao tratamento de omissão de cobre.....	68
Figura 11	Sintomas de deficiência nutricional em folhas e em mudas de <i>Acacia mearnsii</i> submetidas ao tratamento de omissão de ferro.	70

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Porcentagem de germinação de sementes de <i>Acacia mearnsii</i> com e sem superação de dormência em dois ambientes (câmara fria e laboratório) por 3,6 e 9 meses. ....	39
Tabela 2	Porcentagem de germinação de sementes de <i>Acacia mearnsii</i> após envelhecimento acelerado com e sem superação de dormência em dois ambientes (câmara fria e laboratório) por 3,6 e 9 meses. ....	41
Tabela 3	Grau de umidade de sementes de <i>Acacia mearnsii</i> com e sem superação de dormência em dois ambientes (câmara fria e laboratório) por 3,6 e 9 meses. ....	42
Tabela 4	Condutividade elétrica de sementes de <i>Acacia mearnsii</i> acelerado com e sem superação de dormência em dois ambientes (câmara fria e laboratório) por 3,6 e 9 meses. ....	43
Tabela 5	Comprimento da parte aérea de plântulas provenientes de sementes de <i>Acacia mearnsii</i> armazenadas com e sem superação de dormência em dois ambientes (câmara fria e laboratório) por 3,6 e 9 meses. ....	45
Tabela 6	Comprimento da raiz primária de plântulas provenientes de sementes de <i>Acacia mearnsii</i> armazenadas com e sem superação de dormência em dois ambientes (câmara fria e laboratório) por 3,6 e 9 meses. ....	45
Tabela 7	Massa fresca de plântulas provenientes de sementes de <i>Acacia mearnsii</i> armazenadas com e sem superação de dormência em dois ambientes (câmara fria e laboratório) por 3,6 e 9 meses. ....	46

Tabela 8	Massa seca de plântulas provenientes de sementes de <i>Acacia mearnsii</i> armazenadas com e sem superação de dormência em dois ambientes (câmara fria e laboratório) por 3,6 e 9 meses. ....	47
Tabela 9	Concentração de nutrientes nas soluções nutritivas utilizadas em cada tratamento .....	58
Tabela 10	Altura, diâmetro, material seca da parte aérea (MSPA), material seca de raiz (MSR), material seca total (MST) e índice de qualidade de Dickson (IQD) para mudas de <i>Acacia mearnsii</i> .....	72
Tabela 11	Teores de nutrientes na matéria seca da parte aérea (MSPA) de mudas de <i>Acacia mearnsii</i> submetidas a tratamentos com omissão de nutrientes. ....	72

## SUMÁRIO

### PRIMEIRA PARTE

1	INTRODUÇÃO GERAL .....	13
2	REFERENCIAL TEÓRICO .....	Erro! Indicador não definido.
2.1	Armazenamento de sementes .....	15
2.2	Nutrição de espécies florestais.....	19
2.3	<i>Acacia mearnsii</i> (De Wild.) .....	Erro! Indicador não definido.

### SEGUNDA PARTE

<b>ARTIGO 1: Efeito da superação da dormência no vigor e nas características fisiológicas de sementes de <i>Acacia mearnsii</i> (De Wild.) armazenadas .....</b>		<b>26</b>
<b>INTRODUÇÃO .....</b>		<b>28</b>
<b>MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>		<b>31</b>
Determinação do conteúdo de água das sementes .....		32
Teste de Germinação.....		32
Comprimento, Massa Fresca e Seca de Plântulas .....		33
Teste de Condutividade elétrica.....		33
Teste de Envelhecimento Acelerado .....		34
Análise Estatística .....		34
<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>		<b>34</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>		<b>43</b>
<b>ARTIGO 2: Sintomas de deficiência nutricional em mudas de <i>Acacia mearnsii</i> (De Wild.) sob omissão de macro e micronutrientes.....</b>		<b>48</b>
<b>INTRODUÇÃO .....</b>		<b>50</b>
<b>MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>		<b>52</b>
<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>		<b>54</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>		<b>71</b>

## **PRIMEIRA PARTE**

### **1. INTRODUÇÃO GERAL**

A acácia negra (*Acacia mearnsii* De Wild.) é uma espécie australiana madeireira (BOLAND *et al.* 1984) da família Fabaceae, subfamília Mimosoidae, muito utilizada pelas indústrias de fabricação de móveis e artesanato (BRITTON, 1996). No Brasil ela é plantada principalmente no Rio Grande do Sul. O objetivo principal para o reflorestamento com acácia é a extração da casca para produção de tanino, mas a madeira também é utilizada na fabricação de papel e celulose e de aglomerados. Atualmente, sabe-se que mais de 35.000 famílias na Depressão Central, Serra do Sudeste, Encosta Superior e Inferior do Nordeste do Estado têm sua subsistência alicerçada na cultura da acácia. Trata-se de regiões com pequenas propriedades rurais, cuja economia está associada à cultura agrícola de subsistência e mesmo na associação da acácia, agricultura e atividade pastoril (FINGER *et al.*, 2000).

A silvicultura se apresenta como uma excelente oportunidade para os empreendimentos florestais, por exemplo, no caso de plantios comerciais, bem como para os plantios de restauração. Entretanto, diversos desafios nessa área de estudo tem de ser superados, um deles é o embasamento teórico por meio de pesquisas e desenvolvimento tecnológico para a produção de sementes e mudas, já que tais informações são relevantes e muitas vezes deficientes. Nesse sentido, os estudos sobre o armazenamento de sementes podem viabilizar a conservação da espécie por longos períodos, a fim de garantir a manutenção da qualidade fisiológica do lote, principalmente quando se trata de sementes intermediárias e recalitrantes, que apresentam dificuldades para a conservação.

Além disso, para o produtor de sementes e mudas é extremamente importante se conhecer as necessidades nutricionais das espécies que ele produz, em cada estágio fisiológico, pois determinando-se os elementos minerais mais exigidos para cada espécie, bem como a época de maior exigência é possível corrigir eventuais deficiências nutricionais durante o processo de produção e também fornecer um embasamento a respeito das quantidades de adubos que se deve fornecer. Além disso, outra importância de se conhecer os requerimentos nutricionais das espécies é para evitar o uso excessivo de nutrientes, para obter mudas com maior produtividade e com a menor utilização do sítio florestal.

Por outro lado, aspectos do armazenamento de sementes são relevantes na medida em que se deseja conservar a espécie por um longo período com a manutenção da sua viabilidade, o que permite oferecer maiores oportunidades do plantio em diferentes épocas do ano e minimiza as perdas de sementes durante a estocagem.

Os resultados dessa pesquisa fornecerão subsídios para conservar as sementes de acácia negra por meio do armazenamento, além de embasar as técnicas de produção de mudas desta espécie com o estudo dos requerimentos nutricionais. Além disso, com esta pesquisa haverá contribuição para os estudos sobre os mecanismos ecológicos da dormência das sementes, na medida em que aborda a influência da dormência na manutenção da viabilidade das sementes durante o armazenamento. Assim, os resultados das pesquisas realizadas para este trabalho serão de extrema importância para ampliar os conhecimentos sobre a silvicultura da acácia negra, subsidiando estudos posteriores, devido, principalmente, à carência de informações.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Armazenamento de sementes

A longevidade das sementes é definida como o período em que a semente se mantém viva, isto é, capaz de germinar em condições favoráveis (MARCOS FILHO, 2005). Ela está associada a muitos fatores como a deterioração do DNA embrionário (as proteínas dos núcleos das células dos embriões das sementes se degeneram com o tempo e causam aberrações cromossômicas que impedem a germinação) (KRAMER & KOZLOWSKI, 1972; FONTES *et al.*, 2001); a umidade (em geral quanto menor o teor de água da semente, menor a sua atividade fisiológica e de agentes deterioradores) (KRAMER & KOZLOWSKI, 1972); a temperatura (em geral, quanto menor a temperatura, menor é a atividade metabólica da semente e dos agentes deterioradores) (KRAMER & KOZLOWSKI, 1972), a quantidade de substâncias de reserva da semente (sementes amiláceas são menos propensas à deterioração do que as oleaginosas devido à menor estabilidade química dos lipídios em relação ao amido) (BRACCINI *et al.*, 2001), teor de óleo das sementes (sementes oleaginosas deterioram mais rapidamente devido à instabilidade química dos lipídeos); a luminosidade (esta favorece a oxidação e a alteração das substâncias presentes nas sementes, facilitando a sua deterioração) (KRAMER & KOZLOWSKI, 1972; CABRAL *et al.*, 2003); e o tempo de estocagem. As interações entre esses fatores são causa da variação observada dentro e entre lotes de sementes de muitas espécies. A perda de viabilidade está associada à transformações físicas e químicas ou alterações estruturais (WALTERS *et al.*, 2010).

Com relação ao comportamento da semente durante o armazenamento as sementes podem ser classificadas em ortodoxas, recalcitrantes e intermediárias. As sementes ortodoxas são aquelas que podem ser desidratadas para

aproximadamente 5% do teor de umidade inicial e armazenadas a aproximadamente  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$  (ROBERTS, 1973). Nestas condições a longevidade das sementes pode ser prolongada por muitas décadas e, por esta razão, estas condições de armazenamento são adotadas pela maioria dos bancos de sementes. Em contraste, espécies que produzem sementes recalcitrantes como dendê (*Elaeis oleifera* [Kunth.] Cortes), coco da Bahia (*Cocos nucifera* L.), borracha (*Hevea brasiliensis* M. Arg.) e cacau (*Theobroma cacao* L.), não são capazes de tolerar a dessecação e o armazenamento nas mesmas condições. Há ainda outras espécies de plantas (*Coffea* spp., *Citrus* spp., *Genipa americana*) cujas sementes podem tolerar desidratação em níveis relativamente baixos de teor de umidade mas são danificadas por exposição à temperaturas abaixo de zero quando estão secas. Sementes que apresentam este comportamento são classificadas como intermediárias (ELLIS *et al.*, 1990, 1991).

Durante o processo de armazenamento ocorrem mudanças físicas e químicas que alteram as forças de tensão do tegumento da semente e a sua permeabilidade à água e a gases (QADERI *et al.*, 2003), causando o vazamento de solutos (íons orgânicos e inorgânicos, açúcares, aminoácidos e proteínas) para o meio circundante (GOVENDER *et al.*, 2008).

As sementes ortodoxas suportam o armazenamento às baixas temperaturas devido à presença de compostos protetores como os açúcares da série da rafinose e os ciclitóis, que além de protegerem as sementes em situações de estresse, como ultrassecação e congelamento, impedem a cristalização da sacarose, o que resultaria na desestruturação das membranas e conseqüentemente na inviabilidade das sementes (PETERBAUER & RICHTER 2001).

De acordo com Carvalho e Nakagawa (2000), o objetivo do armazenamento é manter o nível de qualidade das sementes, reduzindo seu processo de deterioração, que dependendo das características da semente e do

seu comportamento quanto à tolerância à dessecação, pode ser mais rápido ou mais lento. O armazenamento adequado em condições de baixa umidade e temperatura e com boa aeração tendem a reduzir o processo de deterioração, prolongando a viabilidade do lote.

Diversos fatores, tais como; a espécie, variedade, qualidade inicial, teor de água, trocas gasosas, característica do tegumento da semente, maturidade, tipos de embalagens utilizados, infestação por fungos e insetos, duração do armazenamento podem determinar a longevidade de sementes sob condições naturais e prolongadas de armazenamento (CARVALHO E NAKAGAWA, 2000).

Gentil (1999) verificou a influência da temperatura de armazenamento e do grau de umidade de sementes de café na manutenção da sua qualidade. Sementes com 51%, 41%, 34%, 23%, 16% e 10% de água, acondicionadas em sacos de polietileno e mantidas sob temperaturas de 30, 20 e 10 °C, durante 48 semanas de armazenamento, foram submetidas às avaliações fisiológicas e sanitárias periódicas. O autor concluiu que a redução do grau de umidade até 10% e da temperatura até 10 °C foi a combinação mais favorável à manutenção da qualidade das sementes durante o armazenamento.

As embalagens utilizadas no armazenamento também exercem importante papel na manutenção do vigor inicial das sementes (CARNEIRO, 1987). Como a conservação das sementes recalcitrantes depende da manutenção do seu teor de água em níveis elevados e constantes, a escolha da embalagem está relacionada, principalmente, à umidade relativa do ar sob as quais as sementes ficarão armazenadas.

Em ambientes saturados de umidade, as sementes poderão ser armazenadas a granel ou em embalagem permeável ao vapor d'água; caso contrário, deverão ser mantidas em embalagem impermeável, visando eliminar a

influência da umidade relativa do ar externo no ambiente interno e, por conseguinte, as alterações no seu teor de água (HONG & ELLIS, 2003).

No armazenamento de sementes úmidas, o suprimento de oxigênio é essencial à respiração, que produzirá energia metabólica necessária à ativação e sustentação de mecanismos de reparo e de substituição celular, tendo como consequência a ampliação do período de conservação. Paralelamente, deve-se evitar o acúmulo de gás carbônico, por ser prejudicial à qualidade fisiológica das sementes (TOLEDO & MARCOS FILHO, 1977).

O emprego de sacos de polietileno, com 0,1 mm de espessura, para permitir troca gasosa suficiente entre as sementes e o ambiente externo, minimizando a perda de água das sementes, apresentou resultados satisfatórios no armazenamento de sementes de abacateiro e de seringueira (BONNER, 1978). No caso de sementes de pau-santo, após onze meses, a melhor embalagem para o armazenamento foi o saco plástico em câmara fria (BOTELHO & CARNEIRO, 1992). Em outro estudo, as embalagens permeável e semipermeável foram as mais adequadas para a conservação da qualidade fisiológica de sementes de jequitibá-branco por 480 dias (FIGLIOLIA et al., 2000). Entretanto, Gasparin et al., 2013 constataram que tanto embalagens semipermeáveis (papel) como impermeáveis (vidro) são adequadas para a conservação de sementes de angico vermelho, considerada recalcitrante.

Dessa forma, verifica-se que as condições de armazenamento tem relação direta com a manutenção da viabilidade de um lote de sementes recalcitrantes e ortodoxas. Para exemplificar, em sementes como o pau-brasil (*Caesalpinia echinata* Lam.) foi verificado que mesmo elas sendo ortodoxas, quando armazenadas sob condições normais de ambiente, poderiam perder a viabilidade em menos de três meses (BARBEDO et al., 2002). Da mesma forma, o armazenamento de sementes de *Cedrela angustifolia* em câmara fria possibilitou a conservação da viabilidade das sementes por 3 anos, sendo que em

condições de laboratório, a viabilidade foi preservada por apenas 75 dias (PIÑA-RODRIGUES & JESUS, 1992).

## **2.2 Nutrição de Espécies Florestais**

A expressão “exigências nutricionais” refere-se às quantidades de macro e micronutrientes que uma cultura retira do solo, do adubo e do ar para atender às suas necessidades, crescer e produzir adequadamente (FAQUIN, 2002).

Com relação às espécies florestais, as pesquisas têm demonstrado que por meio dos tempos a fertilização melhora a produtividade, a qualidade e o estabelecimento de plantios florestais. Uma das formas de se conhecer as exigências nutricionais de uma espécie é por meio da técnica do elemento faltante. Essa técnica envolve o crescimento de uma planta sob condições de campo ou casa de vegetação, em que é testado um tratamento completo e uma série de tratamentos, nos quais é feita a omissão de um nutriente de cada vez (SANCHES & SALINAS, 1981). Por meio dessa metodologia associada à diagnose visual e foliar é possível estabelecer padrões nutricionais que podem ser utilizados como guia básico para a interpretação do estado nutricional das culturas (FAQUIN, 2002).

As espécies florestais apresentam exigências nutricionais e respostas ao estresse nutricional diferenciadas e a complementação nutricional é um dos principais fatores determinantes do sucesso dos plantios florestais e dos projetos de recuperação florestal. Considerando isso, infere-se que a carência ou o suprimento inadequado de nutrientes para espécies florestais pode comprometer o sucesso de um sistema de produção florestal bem como de projetos de recuperação e de restauração de áreas degradadas por meio do plantio de espécies nativas (SORREANO, 2006).

Existem diversos trabalhos relacionados à nutrição de espécies florestais. Moretti et al. (2011) estudaram o crescimento e a nutrição mineral de mudas de cedro australiano e verificaram que as mudas apresentavam elevada exigência nutricional, sendo que os nutrientes P,N,S,Ca,K,Mg e Cu, nessa ordem, foram limitantes ao crescimento das plantas. Duboc et al. (1996) verificaram que N,P,Ca e S foram limitantes ao crescimento da *Copaifera langsdorffii* em solo com pequena disponibilidade desses nutrientes. Para o jatobá, DUBOC et al. (1996) constatou que esta espécie apresenta pequeno requerimento nutricional para N,P,Ca,Mg,S e K. Já Venturin et al. (2005) relataram que a ausência dos nutrientes P e N afetou drasticamente o crescimento das mudas de candeia (*Eremanthus erythropapus*) e que os teores de K,Ca,S,B e Zn na matéria seca da parte aérea foram reduzidos nas omissões desses nutrientes. Em outro trabalho, Venturin et al. (1999) estudaram as exigências nutricionais em mudas de angico amarelo (*Peltophorum dubium*) com a técnica do elemento faltante e concluiu que as plantas de angico amarelo apresentavam elevada exigência nutricional, sendo que os nutrientes mais limitantes foram o P, N, S e o Ca. Esses nutrientes, exceto o S, foram os mais limitantes para o crescimento em altura e diâmetro de mudas de umbu (GONÇALVES et al., 2006).

### **2.3 *Acacia mearnsii* De Wild.**

A acácia negra (*Acacia mearnsii* De Wild.) é uma espécie australiana madeireira (Boland *et al.* 1984) da família Fabaceae, subfamília Mimosoidae, muito procurada pelas indústrias de fabricação de móveis e artesanato (BRITTON, 1996). Ela foi introduzida no estado de Rio Grande do Sul, no ano de 1918, por Alexandre Bleckmann (SCHNEIDER et al. 1991). É uma espécie que cresce de 6 a 35 metros de altura, sendo que seu maior desenvolvimento é

atingido em ambientes temperados e em solos profundos (COSTERMANS, 1981). No Brasil ela é plantada principalmente no Rio Grande do Sul. O objetivo principal do reflorestamento com acácia é a extração da casca para produção de tanino, mas a madeira também é utilizada na fabricação de papel e celulose e de aglomerados. Os povoamentos, em sua grande maioria, são implantados em solos de baixa fertilidade e as práticas de uso e manejo do solo normalmente são realizadas de forma incorreta. Sob tais condições, os índices de produtividade geralmente são baixos (DALLAGO, 2000). Atualmente, sabe-se que mais de 35.000 famílias na Depressão Central, Serra do Sudeste, Encosta Superior e Inferior do Nordeste do Estado têm sua subsistência alicerçada na cultura da acácia. Trata-se de regiões com pequenas propriedades rurais, cuja economia está associada à cultura agrícola de subsistência e mesmo na associação da acácia, agricultura e atividade pastoril (FINGER et al., 2000).

Com relação aos aspectos nutricionais desta espécie, Caldeira et al. (2002) avaliou diferentes procedências de acácia negra do Rio Grande do Sul quanto à eficiência nutricional e verificou que a espécie utilizam mais eficientemente os nutrientes para a formação de biomassa acima do solo e que o nitrogênio possui eficiência de uso relativamente baixa para esta leguminosa. Entretanto, ainda não há trabalhos envolvendo os requerimentos nutricionais desta espécie em fase de muda.

## REFERÊNCIAS

- BARBEDO, C. J.; BILIA, D. A.; FIGUEIREDO, R. R. C. Tolerância à dessecação e armazenamento de sementes de *Caesalpinia echinata* Lam.(pau-brasil), espécie da Mata Atlântica. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 25, n. 4, p. 431-43, 2000.
- BOLAND, D. J. et al. **Forest trees of Australia**. Melbourne: Thomas Nelson: CSIRO, 1984. 687 p.
- BONNER, F.T. Storage of hardwood seeds. **Forest Genetic Resources Information**, Rome, n.7, p.10-17, 1978.
- BOTELHO, S. A.; CARNEIRO, J. D. A. Influência da umidade, embalagens e ambientes sobre a viabilidade e vigor de sementes de pau-santo (*Kielmeyera coriacea* Mart.). **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 14, n. 1, p. 41-46, 1992.
- BRACCINI, A. L. et al. Avaliação da qualidade fisiológica de sementes de soja após o processo de hidratação-desidratação e envelhecimento acelerado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 6, p. 1053-1066, 1999.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: Coordenação de Laboratório Vegetal-CLAV, Departamento Nacional de Defesa Vegetal, 2009. 365p.
- BRITTON, G. Untitled. In: GROWING AUSTRALIAN BLACKWOOD FOR TIMBER: A STRATEGIC WORKSHOP, 1996. **Proceedings...** Lorne: Joint Venture Agroforestry Program, 1996. Unpublished proceedings.
- CABRAL, E. L.; BARBOSA, D. C. de A.; SIMABUKURO, E. A. Armazenamento e germinação de sementes de *Tabebuia aurea* (Manso) Benth. & Hook. f. ex. S. Moore. **Acta botânica**, Brasília, v. 17, n. 4, p. 609-617. 2003.
- CALDEIRA, M. V. W.; RONDON, N. R. M.; SCHUMACHER, M. V. Avaliação da eficiência nutricional de três procedências australianas de acácia-negra (*Acacia mearnsii* De Wild). **Revista Árvore**, Viçosa, v. 26, n. 5, p. 615-620, 2002.
- CARNEIRO, J.G. A. **Armazenamento de sementes florestais**. Curitiba: FUPEF, 1987. 35p.

CARVALHO, N. D.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. v. 3. Campinas: Fundação Cargill, 2000.

COSTERMANS, L. F. **Native Trees and Shrubs of South-eastern Australia**. Rigby: Adelaide, 1981. 422 p.

DALLAGO, J. S. **Utilização da cinza de biomassa de caldeira como fonte de nutrientes no crescimento de plantas de acácia-negra (*Acacia mearnsii* De Wild.)**. 2000. 64 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Faculdade ou Instituto, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2000.

DUBOC, E.; VENTURIN, N.; VALE, F. R. Fertilização de plântulas de *Copaifera langsdorffii* Desf. (Óleo copaíba). **Revista Cerne**, Lavras, v. 2, n. 2, p. 31-47, 1996.

DUBOC, E. et al. Nutrição do jatobá. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 2, p. 138-152. 1996.

ELLIS, R.H.; HONG, T.D.; ROBERTS, E.H. An intermediate category of seed storage behaviour? II: Effects of provenance, immaturity, and imbibition on desiccation-tolerance in coffee. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 42, n. 238, p. 653-657, 1991.

\_\_\_\_\_. An intermediate category of seed storage behaviour? I: Coffee. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 41, n. 230, p. 1167- 1174, 1990.

FAQUIN, V. **Diagnose do estado nutricional das plantas**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2002. 77 p.

FIGLIOLIA, M. B. et al. Conservação de sementes de *Cariana estrellensis* Kuntze em diferentes condições de acondicionamento e armazenamento. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 24, n. 4, p. 361-368, 2000.

FINGER, C. A. G. et al. Curvas de altura-diâmetro de acácia negra (*Acacia Mearnsii* De Wild). **Ciência Rural**, v. 30, n.3, 2000.

FONTES, B. P. D.; DAVIDE, L.C. ; DAVIDE, A. C. Fisiologia e citogenética de sementes envelhecidas de *Araucaria angustifolia*. **Ciências agrotécnicas**, Lavras, v. 25, n. 2, p. 346-355, 2001.

GASPARIN, E. et al. Substrates for germination and physiological quality of storage seeds of *Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan. **Journal of Seed Science**, Londrina, v. 35, n. 1, p.77-85, 2013.

GONÇALVES, F. C.; NEVES, O. S. C.; DE CARVALHO, J. G. Notas Científicas Deficiência nutricional em mudas de umbuzeiro decorrente da omissão de macronutrientes. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 41, n. 6, p. 1053-1057, 2006.

GOVENDER, V.; AVELING, T. A. S.; KRITZINGER, Q. The effect of traditional storage methods on germination and vigour of maize (*Zea mays* L.) from northern KwaZulu-Natal and southern Mozambique. **South African Journal of Botany**, Pretoria, v. 74, p. 190-196, 2008.

HONG, T. D.; ELLIS, R. M. Optimum air-dry seed storage environments for arabica coffee. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 20, p. 547-560, 1992.

KRAMER, P. J.; KOZLOWSKI, T. **Fisiologia das árvores**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1972. 745 p.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba, SP: Fealq, 2005.

MORETTI, S. B. et al. Crescimento e nutrição mineral de mudas de cedro australiano (*Toona ciliata*) sob omissão de nutrientes. **Revista Cerne**, Lavras, v. 17, n. 4, p. 453-463, 2011.

PETERBAUER, T.; RICHTER, A. Biochemistry and physiology of raffinose family oligosaccharides and galactosyl cyclitols in seeds. **Seed Science Research**, Wallingford, v. 11, p. 185- 197, 2001.

PIÑA-RODRIGUES, F. C. M.; JESUS, R. D. Comportamento das sementes de cedro-rosa (*Cedrela angustifolia* S. ET. MOC) durante o armazenamento. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 14, n. 1, p. 31-36, 1992.

QADERI, M.M.; CAVERS, P. B.; BERNARDS, M. A. Pre- and post-dispersal factors regulate germination patterns and structural characteristics of Scotch thistle (*Onopordum acanthium*) cypselas. **New Phytologist**, Cambridge, v. 159, p. 263-278, 2003.

ROBERTS, E. H. Predicting the storage life of seeds. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 1, p. 499-514, 1973.

SANCHEZ, P. A.; SALINAS, J. G. Low-input technology for managing oxisols and ultisols in tropical America. **Advances in Agronomy**, Madison, v. 34, p. 279-406, 1981.

SCHNEIDER, P.R. et al. Determinação da produção de casca de acacia-negra (*Acacia meansii* De Wild). **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.1, n.1, p.64-75, 1991.

SORREANO, M. C. M. **Avaliação da exigência nutricional na fase inicial de crescimento de espécies florestais nativas**. 2006. 296 f. Tese (Doutorado em Ecologia Aplicada) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

TOLEDO, F. F.; MARCOS FILHO, J. **Manual de sementes: tecnologia da produção**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1977. 224p.

VENTURIN, N. et al. Adubação mineral do angico-amarelo (*Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub.). **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 34, n. 3, p. 441-448, 1999.

WALTERS, C.; BALLESTEROS, D.; VERTUCCI, V. A. Structural mechanics of seed deterioration: standing the test of time. **Plant science**, Limerick, v. 179, n. 6, p. 565-573, 2010.

## SEGUNDA PARTE

### **ARTIGO 1: Efeito da superação da dormência no vigor e nas características fisiológicas de sementes de *Acacia mearnsii* (De Wild.) armazenadas**

#### RESUMO

Objetivou-se com este trabalho avaliar a influência da superação da dormência na conservação de sementes de *Acacia mearnsii* por meio do armazenamento em laboratório. Buscou-se uma relação entre a presença de dormência física e a manutenção da longevidade das sementes de acácia negra. O lote inicial foi separado da seguinte maneira: em parte das sementes, a dormência foi superada com ácido sulfúrico por 50 minutos e, em seguida, foi feita a lavagem das sementes em água corrente, e em outra parte as sementes permaneceram dormentes. Posteriormente, os dois lotes, com e sem dormência superada, foram armazenados em embalagens plásticas de polietileno seladas em ambiente de câmara fria ( $12\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) e em ambiente de laboratório ( $20 - 34\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Após 3, 6 e 9 meses de armazenamento as sementes foram avaliadas quanto a própria qualidade fisiológica por meio de testes de umidade, germinação, comprimento de plântulas, condutividade elétrica e envelhecimento acelerado. Diferentemente do armazenamento em câmara fria, houve perda do potencial germinativo em sementes com dormência superada e ainda, redução do vigor das sementes, expressa pelo teste de envelhecimento acelerado em todos os tratamentos. O grau de umidade das sementes durante o armazenamento se manteve constante, exceto se comparadas as sementes com e sem dormência superada, as primeiras com médias superiores. Também houve aumento da condutividade elétrica em todos os tratamentos a partir do sexto mês de armazenamento, demonstrando diminuição do vigor das sementes, acompanhando o comportamento observado no teste de germinação. Conclui-se que a impermeabilidade tegumentar está relacionada à manutenção da viabilidade das sementes no armazenamento, sendo que a ausência da dormência influencia negativamente a germinação e o vigor das sementes armazenadas.

**Palavras-chave:** Acácia negra. Impermeabilidade tegumentar. Longevidade. Qualidade fisiológica. Armazenamento.

### ABSTRACT

This study aimed to understand the evaluate the influence of breaking dormancy in seed conservation of that specie through laboratory storage. We attempted to a relationship between the presence of physical dormancy and maintaining the longevity of acacia seeds. The initial batch was separated as follows: in part of seeds, the dormancy was broken with sulfuric acid for 50 minutes, and then washing the seeds in tap water was taken, and another part of seeds remained dormant. Subsequently, the two batches, with and without overcome dormancy were stored in sealed plastic containers polyethylene in cold room conditions ( $12^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ ) and laboratory ambient ( $20 - 34^{\circ}\text{C}$ ). After 3, 6 and 9 months of storage seeds were evaluated as to physiological quality by the germination test, moisture, seedling length, electrical conductivity and accelerated aging. Unlike in cold room conditions storage, there were losses of germination potential seeds to overcome dormancy. There was reduction of seed vigor, expressed by accelerated aging test for all treatments. The moisture content of the seeds during storage remained constant, except when compared with seeds and without overcome dormancy, the first with higher averages. There was also an increase in electrical conductivity in all treatments from the sixth month of storage, showing decrease of seed vigor, following the behavior observed in the germination test. It follows that the impermeability cutaneous is related to maintaining seed viability in storage, and the absence the dormancy has negatively influence and germination and vigor of stored seed.

**Keywords:** Brazilian Black Acacia. Cutaneous impermeability. Longevity. Physiological quality. Storage.

## INTRODUÇÃO

O gênero *Acacia* está incluído na família *Fabaceae*, subfamília *Mimosoideae*, com grande representatividade dentro do grupo Angiosperma: cerca de 1350 espécies, distribuídas em árvores, arbustos e trepadeiras lenhosas (BROCKWELL et al., 2005). Uma espécie deste gênero com relevante expressão comercial no mercado florestal, cultivada majoritariamente na Região Sul do Brasil é a *Acacia mearnsii* (De Wild.). Esta espécie apresenta crescimento rápido e produtividade aproximada da 10 a 25 m<sup>3</sup>/ha/ano, sendo a produção média de casca em torno de 15 t/ha. A madeira de acácia-negra é promissora para fabricação de chapas aglomeradas estruturais em mistura com *Pinus elliottii* e *Eucalyptus grandis*. Além disso, também é utilizada para produção de celulose, por apresentar um teor de lignina inferior às espécies tradicionalmente utilizadas (HILLIG et al., 2002). Sua casca é considerada a principal fonte de tanino do mundo, contendo entre 36 e 41% de taninos aproveitáveis (JONES et al., 1990), sendo utilizados em diversos setores industriais, de curtumes até a indústria farmacêutica (MONTEIRO et al., 2005).

As plantações de acácia negra na Região Sul do Brasil estendem-se desde a região da Serra Gaúcha, passando pela Depressão Central e, mais recentemente, até a Serra do Sudeste, estimando-se a área total plantada em 160.000 ha (MAESTRI et al., 1987), do qual participam cerca de 10 mil famílias de pequenos produtores rurais. Dados mais recentes estimam a área plantada no Brasil em 140 mil hectares (TONIETTO e STEIN, 1997), com uma taxa anual de plantio de 20.000 hectares (SIMON, 1999).

No Brasil, a *Acacia mearnsii* ocupa a terceira posição entre as espécies florestais mais cultivadas. O objetivo principal para a introdução desta espécie no Brasil foi à produção de tanino, utilizado para o curtimento do couro e produção de outras substâncias (SCHNEIDER; TONINI, 2003). O primeiro plantio comercial de acácia iniciou nos anos 1930, quando foram importados 30

quilos de sementes da África do Sul. Acredita-se que até meados dos anos 80 todas as sementes utilizadas em plantios tenham se originado deste material (OLIVEIRA, 1968). Além disso, o crescente cultivo de acácia negra ainda é, majoritariamente, estabelecido a partir de mudas produzidas por sementes, o que confere alta variabilidade genética entre os indivíduos do povoamento (PERRANDO & CORDER, 2006).

O armazenamento das sementes, período entre a colheita e a semeadura, deve oferecer as condições necessárias para prolongar a longevidade do lote de sementes. Entretanto, não é possível generalizar sobre o estabelecimento de protocolos para o armazenamento sem a prévia avaliação das características físicas e fisiológicas das sementes devido à grande variabilidade existente entre as espécies, mas em geral, condições de baixa temperatura e umidade são as mais recomendadas para armazenar sementes (VERTUCCI & ROOS, 1993; ANDRADE & FERREIRA, 2000). Assim, é extremamente importante investigar de que maneira as condições de umidade e temperatura influenciam no armazenamento das sementes de diferentes espécies.

A deterioração de sementes durante o armazenamento, quando em condições ambientais adversas, resulta na redução da viabilidade até a perda completa do poder germinativo, produção de plântulas anormais e redução do vigor. Os primeiros sinais de deterioração das sementes estão relacionados à perda da integridade das membranas celulares, aumentando a quantidade de lixiviados durante o processo de embebição das sementes (CARVALHO & NAKAGAWA, 2000; MARCOS FILHO, 2005).

Nesse sentido, testes como o envelhecimento acelerado, a condutividade elétrica, comprimento de plântulas e atividade enzimática fornecem bons indícios da qualidade fisiológica do lote. O teste de envelhecimento acelerado avalia o comportamento das sementes quando submetidas à temperatura e umidade relativa do ar elevadas, condições que aceleram o processo de

deterioração das sementes (COPELAND & MCDONALD, 2001; HALMER, 2000). Desse modo, quanto mais vigoroso é um lote, menor é a deterioração das sementes quando submetidas ao envelhecimento. Já o teste de condutividade elétrica, a qualidade das sementes é avaliada indiretamente por meio da determinação da condutividade elétrica na solução de embebição das sementes. Os valores menores indicam menor liberação de exsudados e, conseqüentemente, maior vigor, uma vez que nessas situações há menor desintegração das membranas celulares (VIEIRA & KRYZANOWSKI, 1999; AOSA, 2002). Quanto ao teste de comprimento de plântulas é sugerido por duas associações mundiais que congregam tecnólogos de sementes (AOSA – Association of Official Seed Analysts / ISTA - International Seed Testing Association). O crescimento de plântulas pode ser mensurado por meio do comprimento e da massa de matéria seca de plântula, sendo estas medidas de grandeza física (dimensão e massa, respectivamente) (HAMPTON E TEKRONY, 1995; AOSA, 2002).

Em se tratando da espécie *Acacia mearnsii* são insipientes os estudos sobre a qualidade fisiológica das sementes durante o armazenamento. Esta espécie apresenta sementes dormentes, o que retarda a germinação, minimizando a uniformidade do lote (CORDER et al., 1999).

Além disso, são poucos os estudos que associam a dormência das sementes com a viabilidade das mesmas durante o armazenamento. É sabido que o fenômeno da dormência das sementes, apesar de constituir uma barreira à germinação, tem evoluído de forma diferente entre as espécies por meio de mecanismos de adaptação ao ambiente vigente, a fim de garantir o estabelecimento de uma nova geração de plantas em um ambiente adequado (BASKIN & BASKIN, 2004; FENNER & THOMPSON, 2005). Isto é, consiste em um mecanismo adaptativo que permite distribuir a germinação ao longo do tempo e assegura a sobrevivência de espécies nos diferentes ecossistemas.

Entretanto, resta saber de que forma e até que ponto a ausência da dormência interfere na viabilidade e na qualidade fisiológica das sementes armazenadas. Neste estudo, será abordado este aspecto, relacionando a ausência ou presença da dormência com o vigor das sementes de *Acacia mearnsii* nos diferentes períodos de armazenamento.

## MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Laboratório de Análise de Sementes (LAS) do Departamento de Agricultura (DAG) da Universidade Federal de Lavras (UFLA). As sementes de *Acacia mearnsii* foram coletadas em agosto de 2013 diretamente de vagens maduras de uma população de 50 matrizes na cidade de Encruzilhada do Sul (RS). Posteriormente foi realizado o beneficiamento das sementes com a remoção das mesmas dos frutos, retirando-se as danificadas por insetos e/ou com características de má formação, de modo a homogeneizar o lote. Em seguida, foi determinado o grau de umidade das sementes pelo método da estufa a 103 °C ( $\pm 2$  °C) por 17 horas e foram feitos os ensaios de germinação (BRASIL, 2009). Foram utilizadas quatro repetições de 25 sementes, sendo os resultados expressos em porcentagem calculados com base no peso das sementes úmidas (base úmida). Além disso, foram feitos testes a fim de buscar o melhor método de superação de dormência desta espécie. A metodologia mais eficiente foi a imersão das sementes em ácido sulfúrico (98%) por 50 minutos.

A fim de estudar o armazenamento das sementes em diferentes condições, o lote inicial foi separado da seguinte maneira: em parte das sementes, a dormência foi superada com ácido sulfúrico por 50 minutos e, em seguida, foi feita a lavagem das sementes em água corrente, e em outra parte as sementes permaneceram dormentes. Após a superação da dormência as sementes foram postas para secar sobre papel toalha em ambiente de laboratório durante

aproximadamente 24 horas até que toda a umidade superficial fosse removida. Posteriormente, os dois lotes, com e sem dormência superada, foram armazenadas em embalagens plásticas de polietileno seladas em ambiente de câmara fria ( $12\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) e em ambiente de laboratório ( $20 - 34\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Após 3, 6 e 9 meses de armazenamento as sementes foram avaliadas quanto a sua qualidade fisiológica por meio de testes de germinação, umidade, comprimento de plântulas, condutividade elétrica e envelhecimento acelerado.

### **Determinação do conteúdo de água das sementes**

O grau de umidade das sementes foi determinado pelo método da estufa a  $103\text{ }^{\circ}\text{C} (\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C})$  por 17 horas com quatro repetições de 25 sementes. Por possuírem tegumento impermeável, elas foram quebradas em pequenos pedaços com o auxílio de um bisturi, a fim de não mascarar os efeitos da secagem (BRASIL, 2009). Os resultados foram expressos na base do peso úmido.

### **Teste de Germinação**

O teste de germinação foi conduzido em caixas plásticas do tipo gerbox, desinfestadas com álcool 70% e forradas com duas folhas de papel mata borrão. Esse substrato foi previamente esterilizado em estufa a  $103\text{ }^{\circ}\text{C} (\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C})$  por 2 horas e umedecido com água destilada 2,5 vezes o peso do papel de acordo com a metodologia expressa nas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009). A germinação foi realizada em BOD ajustada para a temperatura de  $20\text{ }^{\circ}\text{C} (\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C})$  em regime alternado de luz e escuro (12 horas). A temperatura e o fotoperíodo foram previamente testados para esta espécie e a temperatura constante de  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$  foi considerada a mais adequada, isto é, em que foi obtido maior percentual de germinação e de plântulas normais. Foram realizadas avaliações diárias da germinação durante 21 dias e ao final do teste foi feita a contagem de plântulas normais e anormais, sementes mortas, duras e dormentes

de acordo com a RAS (BRASIL, 2009). Foram utilizadas 4 repetições de 25 sementes.

### **Comprimento, Massa Fresca e Seca de Plântulas**

De acordo com a metodologia da AOSA (1983) o teste de comprimento de plântulas foi conduzido em rolos de papel germitest previamente umedecidos com 2,5 vezes o peso do papel com quatro repetições de 10 sementes. Uma linha foi traçada no terço superior do papel germitest no sentido longitudinal e as sementes foram posicionadas de forma que a micrópila ficou voltada para a parte inferior do papel. Os rolos foram acondicionados em sacos plásticos posicionados verticalmente em germinador por 15 dias a 25 °C sob luz constante. Ao final deste período, foram medidas a raiz primária e a parte aérea das plântulas normais germinadas utilizando-se um paquímetro digital com precisão de 0,01 mm. Os resultados médios por plântulas foram expressos em centímetros.

O teste de massa fresca e seca de plântulas foi conduzido em conjunto com o teste de comprimento de plântula e após 21 dias, as plântulas normais de cada tratamento e repetição foram submetidas à secagem em estufa a 80 °C por 24 horas (NAKAGAWA et al., 1999) e os resultados expressos em g/plântula.

### **Teste de Condutividade Elétrica**

Foi determinada a condutividade elétrica (CE) das sementes pelo método massal, utilizando-se quatro repetições de 25 sementes. As sementes foram acondicionadas em copos de plástico com capacidade de 200 mL cada, contendo 75 mL de água destilada por unidade. Os copos foram mantidos em câmara de germinação, do tipo Mangelsdorf, em temperatura constante de 25 °C por 24 horas (VIEIRA, 1994). Em seguida, foi efetuada a leitura dos lixiviados

em condutivímetro modelo Digimed MD-31 e os valores obtidos foram expressos em  $\mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$ .

### **Teste de Envelhecimento Acelerado**

Para este teste, as sementes foram dispostas sobre telas de alumínio em camada única, fixadas no interior de caixas plásticas do tipo gerbox de maneira a cobrir uniformemente a superfície da tela. Em cada caixa gerbox foram adicionados 60 mL de água, em seguida as mesmas foram tampadas e mantidas em BOD à temperatura constante de 42 °C ( $\pm 2$  °C) por um período de 48 horas (AOSA, 1983). Após esse período, as sementes foram colocadas para germinar a 20 °C ( $\pm 2$  °C) nas mesmas condições já estabelecidas no teste de germinação. Este experimento foi realizado com 4 repetições de 25 sementes.

### **Análise estatística**

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2 (armazenamento em câmara e ambiente de laboratório) X 3 (períodos de armazenamento: 3, 6 e 9 meses) X 2 (com e sem superação de dormência tegumentar) com 4 repetição de 25 sementes. Os resultados foram analisados pelo teste F e havendo significância, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Todas as análises foram feitas com o auxílio do software estatístico Sisvar (FERREIRA, 2008).

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Com este estudo foi possível inferir sobre as relações entre a dormência física e o armazenamento de sementes de acácia, podendo servir de modelo futuro para estudos com demais espécies. A dormência física, causada pela impermeabilidade do tegumento à água, é desenvolvida durante o processo de maturação da semente e tem evoluído de forma diferente entre as espécies por

meio de mecanismos de adaptação ao ambiente vigente, a fim de garantir o estabelecimento de uma nova geração de plantas em um ambiente adequado (BASKIN & BASKIN, 2004; FENNER & THOMPSON, 2005). Entretanto, em condições ideais de conservação das sementes como a câmara fria, no caso de sementes de acácia negra, a dormência não prejudicou a qualidade do lote durante o período de armazenamento.

Observando a Tabela 1 é possível afirmar que não houve perda do potencial germinativo da espécie armazenada em condições de câmara com a dormência superada durante os três períodos de armazenamento. Em contrapartida, observou-se que em condições de laboratório, sem temperatura e umidade controladas, houve diferença estatística entre sementes com e sem dormência superada, sendo a ausência da dormência prejudicial à germinação. Entretanto, não houve redução da viabilidade das sementes, com relação à porcentagem de germinação, durante os três períodos de armazenamento. Contrariamente, em sementes de crambe (*Crambe abyssinica*), o ambiente natural foi mais adequado para a conservação da espécie, preservando o vigor das sementes e promovendo a superação da dormência primária logo no terceiro mês de armazenamento, enquanto o armazenamento em ambiente refrigerado, havendo redução na porcentagem de germinação (BESSA et al., 2015). À semelhança do armazenamento de sementes de crambe, em sementes de *Apeiba tibourbou*, ortodoxas, o armazenamento em condições de laboratório em embalagem de papel Kraft ou saco de polietileno permitiram conservar a viabilidade da espécie por um período mais longo se comparado ao armazenamento em câmara fria (MATOS et al., 2008). Entretanto, o armazenamento de sementes de *Sebastiania commersoniana* (branquilha) em câmara fria permitiu conservar a viabilidade das sementes por 18 meses, enquanto em ambiente de laboratório a viabilidade foi mantida por 5 meses e meio (SANTOS & PAULA, 2007).

**TABELA 1:** Porcentagem de germinação de sementes de *Acacia mearnsii* com e sem superação de dormência em dois ambientes (câmara fria e laboratório) por 3,6 e 9 meses.

	AMBIENTE		CÂMARA	
	COM QUEBRA DE DORMÊNCIA	SEM QUEBRA DE DORMÊNCIA	COM QUEBRA DE DORMÊNCIA	SEM QUEBRA DE DORMÊNCIA
3 MESES	60 A b	84 A a	85 A a	82 A a
6 MESES	60 A b	85,5 A a	83 A a	80 A a
9 MESES	60 A b	84 A a	75 A a	73 A a

Médias seguidas de mesma letra maiúsculas (A e B) na coluna e minúscula (a e b) na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

O envelhecimento acelerado é um teste de vigor amplamente utilizado e difundido, já que permite a identificação de diferenças importantes no potencial fisiológico das sementes, principalmente das que compõem lotes com poder germinativo elevado e semelhante (MARCOS FILHO, 1999).

Em sementes de acácia negra, houve redução do vigor das sementes, expressa pelo teste de envelhecimento acelerado (Tabela 2), a partir do sexto mês de armazenamento em todos os tratamentos, exceto para o armazenamento em condições ambientais com superação da dormência, em que a porcentagem de germinação após o envelhecimento se manteve baixa desde o terceiro mês de armazenamento. Com relação à superação da dormência não houve diferença de redução de viabilidade durante os três períodos para sementes com e sem dormência superada.

Em sementes de mamão (*Carica papaya*) houve aumento significativo do vigor, medido pelo envelhecimento acelerado, a partir do segundo mês e se mantiveram inalterados até o final do período de armazenamento. Exceto as sementes com 7,2% de umidade, acondicionadas em papel multifoliado, que

tiveram seu vigor reduzido, significativamente, em 22,3%, em relação ao maior valor observado, no oitavo mês de armazenamento (MARTINS et al., 2005). Já em sementes de maracujá amarelo (*Passiflora edulis*), o teste de envelhecimento acelerado foi eficiente para caracterizar a qualidade fisiológica das sementes armazenadas, demonstrando que as sementes acondicionadas com teor de água de 10% apresentaram uma redução drástica na germinação, quando acondicionadas em embalagem impermeável em condição de laboratório, enquanto o ambiente sob temperatura de 4 °C e 60% UR se mostrou mais eficiente em preservar a viabilidade das sementes, independente do tipo de embalagem (CATUNDA et al., 2003).

**TABELA 2:** Porcentagem de germinação de sementes de *Acacia mearnsii* após envelhecimento acelerado com e sem superação de dormência em dois ambientes (câmara fria e laboratório) por 3,6 e 9 meses.

	AMBIENTE		CÂMARA	
	COM QUEBRA DE DORMÊNCIA	SEM QUEBRA DE DORMÊNCIA	COM QUEBRA DE DORMÊNCIA	SEM QUEBRA DE DORMÊNCIA
3 MESES	62,5 A b	87 A a	86 A a	80 A a
6 MESES	69 A a	65 B a	73 B a	79 A a
9 MESES	58,5 A a	64 B a	73 B a	68 B a

Médias seguidas de mesma letra maiúsculas (A e B) na coluna e minúscula (a e b) na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

Com relação à umidade das sementes, foi observado, de acordo com a Tabela 3, que em praticamente todos os tratamentos não houve aumento nem redução do grau de umidade das sementes durante os três meses de armazenamento. Entretanto, as sementes com dormência superada obtiveram valores de umidade superiores em relação às sementes não tratadas durante o armazenamento em condições de ambiente de laboratório. Neste caso, parece a quebra da dormência associada às condições ambientais ter influenciado equilíbrio higroscópico das sementes, havendo perda da qualidade fisiológica e

do potencial germinativo. Além disso, as condições de umidade relativa e de temperatura durante o armazenamento, onde as sementes alcançam o equilíbrio higroscópico específico determinam a manutenção de sua qualidade fisiológica por maior ou menor tempo (BORGES et al., 2009).

Em sementes de cedro rosa (*Cedrella fissilis*) houve satisfatória estabilidade do grau de umidade ao longo do armazenamento em condições de temperatura controlada (MARTINS & LAGO, 2008). Por outro lado, em sementes de *Cariniana estrellensis* (jequitibá branco) o teor de água aumentou durante o armazenamento em câmara fria e em ambiente de laboratório (FIGLIOLIA et al., 2000). Já em sementes de *Eugenia pyriformis* (uvaia), recalcitrante, houve redução do grau de umidade durante o armazenamento em câmara fria e seca com perda da capacidade germinativa (ANDRADE & FERREIRA, 2000).

**TABELA 3:** Grau de umidade de sementes de *Acacia mearnsii* com e sem superação de dormência em dois ambientes (câmara fria e laboratório) por 3,6 e 9 meses.

	AMBIENTE		CÂMARA	
	COM QUEBRA DE DORMÊNCIA	SEM QUEBRA DE DORMÊNCIA	COM QUEBRA DE DORMÊNCIA	SEM QUEBRA DE DORMÊNCIA
3 MESES	12,20 A a	9,64 A b	13,09 A a	8,82 B b
6 MESES	11,94 A a	9,06 A b	13,58 A a	12,04 A a
9 MESES	11,68 A a	8,65 A b	11,41 A a	12,14 A a

Médias seguidas de mesma letra maiúsculas (A e B) na coluna e minúscula (a e b) na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

O teste de condutividade elétrica avalia o estado de degeneração do sistema de membranas das sementes, o qual tem sido relatado como consequência do processo de deterioração (RODO et al., 1998). Em sementes de

*Acacia mearnsii* houve aumento da condutividade elétrica em todos os tratamentos a partir do sexto mês de armazenamento, demonstrando diminuição do vigor das sementes, acompanhando o comportamento observado no teste de germinação (Tabela 4). Também foi observado aumento da deterioração do sistema de membranas em sementes armazenadas com dormência superada nos dois ambientes estudados. Isto é, houve perda da qualidade fisiológica do lote, entretanto não a ponto de inviabilizar a germinação ou reduzir a proporção de plântulas normais. Em sementes de *Moringa oleifera* houve comportamento semelhante durante o armazenamento com aumento crescente da condutividade em função do tempo (BEZERRA et al., 2004). Quanto à semelhança em sementes armazenadas de *Anadenanthera peregrina* o teste de condutividade elétrica apontou diferenças significativas do vigor em relação ao período de armazenamento, sendo mais sensível que o teste de germinação, apresentando aumento da condutividade com o acréscimo do período de armazenamento (PINHO et al., 2009).

**TABELA 4:** Condutividade elétrica de sementes de *Acacia mearnsii* acelerado com e sem superação de dormência em dois ambientes (câmara fria e laboratório) por 3,6 e 9 meses.

	AMBIENTE		CÂMARA	
	COM QUEBRA DE DORMÊNCIA	SEM QUEBRA DE DORMÊNCIA	COM QUEBRA DE DORMÊNCIA	SEM QUEBRA DE DORMÊNCIA
3 MESES	212,42 B a	147,7 B b	174,6 B a	88,29 C b
6 MESES	187,47 B a	163,62 AB a	189,9 B a	140 B b
9 MESES	255,5 A a	181,55 A b	248,25 A a	181,8 A b

Médias seguidas de mesma letra maiúsculas (A e B) na coluna e minúscula (a e b) na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

Os valores médios correspondentes ao comprimento de raiz e de parte aérea de plântulas estão representados nas Tabelas 5 e 6. Verifica-se que, em geral, não houve diferença entre o comprimento da parte aérea nos diferentes períodos de armazenamento, entretanto com relação ao comprimento de raiz houve diferença entre os meses de armazenamento, sendo que o período de 3 meses obteve maiores médias para todas as embalagens, exceto em câmara com superação da dormência das sementes. Em plântulas de *Talisia esculenta* (*Sapindaceae*) também houve redução na viabilidade e no vigor de sementes armazenadas, atribuindo-se essa redução na qualidade fisiológica às transformações degenerativas características da deterioração (VIEIRA E GUSMÃO, 2008). Souza et al. (2005) constataram, à semelhança deste estudo, a redução no vigor de sementes de *Tabebuia serratifolia*. Quanto ao comprimento da parte aérea, as sementes acondicionadas em embalagens de plástico e de papel e armazenadas em câmara fria apresentaram redução no vigor ao longo do tempo de armazenamento, com pequenas oscilações entre as duas embalagens estudadas. Em ambiente de laboratório houve pequena oscilação entre as embalagens e as sementes perderam a viabilidade após 120 dias de armazenamento. Com relação ao comprimento de raiz foi observada drástica redução nos valores de comprimento de raiz nas duas embalagens nesse ambiente, podendo constatar que o ambiente exerceu maior influência que a embalagem sobre o vigor de plântulas. Pesquisando níveis de vigor entre lotes de sementes de aveia-preta, Schuch et al. (1999) constataram que o comprimento das raízes é o parâmetro mais adequado, para avaliações de diferenças no vigor de sementes dessa espécie, do que o comprimento da parte aérea, tendo propiciado diferenciação entre níveis de vigor em todas as épocas de avaliação. No presente estudo a superação da dormência não influenciou a manutenção do vigor das sementes durante o armazenamento.

**TABELA 5:** Comprimento da parte aérea de plântulas provenientes de sementes de *Acacia mearnsii* armazenadas com e sem superação de dormência em dois ambientes (câmara fria e laboratório) por 3,6 e 9 meses.

	AMBIENTE		CÂMARA	
	COM QUEBRA DE DORMÊNCIA	SEM QUEBRA DE DORMÊNCIA	COM QUEBRA DE DORMÊNCIA	SEM QUEBRA DE DORMÊNCIA
3 MESES	6,72 A a	6,80 A a	7,55 A a	6,90 A a
6 MESES	6,09 AB a	5,39 A a	5,89 AB a	5,19 AB a
9 MESES	4,67 B a	5,57 A a	4,79 B a	4,88 B a

Médias seguidas de mesma letra maiúsculas (A e B) na coluna e minúscula (a e b) na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

**TABELA 6:** Comprimento da raiz primária de plântulas provenientes de sementes de *Acacia mearnsii* armazenadas com e sem superação de dormência em dois ambientes (câmara fria e laboratório) por 3,6 e 9 meses.

	AMBIENTE		CÂMARA	
	COM QUEBRA DE DORMÊNCIA	SEM QUEBRA DE DORMÊNCIA	COM QUEBRA DE DORMÊNCIA	SEM QUEBRA DE DORMÊNCIA
3 MESES	8,33 A a	8,46 A a	8,62 A a	9,06 A a
6 MESES	8,06 A a	7,79 A a	7,95 A a	7,74 B a
9 MESES	6,92 A a	7,33 A a	7,09 A a	6,58 B a

Médias seguidas de mesma letra maiúsculas (A e B) na coluna e minúscula (a e b) na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

Nas tabelas 7 e 8 constata-se redução no vigor de sementes de acácia negra armazenadas em condição de laboratório com superação da dormência com relação à massa fresca e seca. Em sementes de *Tabebuia serratifolia* também houve perda de peso na matéria seca de plântulas provenientes de sementes armazenadas em condições ambientais e de câmara fria com menor

perda de peso de massa seca naquelas sementes mantidas em embalagem de polietileno com relação à embalagem de papel (Souza et al. 2005). Segundo Nakagawa (1994), durante a germinação, as sementes vigorosas proporcionam maior transferência de massa seca de seus tecidos de reserva para o eixo embrionário, originando plântulas com maior peso, em razão do maior acúmulo de matéria. Sendo assim, no caso de sementes de acácia o peso da matéria fresca e seca de plântulas demonstrou que houve perda regressiva no vigor de sementes armazenadas, principalmente com a superação da dormência das sementes no armazenamento em ambiente de laboratório. Entretanto, em sementes de camu-camu houve aumento na matéria seca de plântulas de sementes armazenadas com relação ao aumento do período de armazenamento (FERREIRA & GENTIL, 2003).

**TABELA 7:** Massa fresca de plântulas provenientes de sementes de *Acacia mearnsii* armazenadas com e sem superação de dormência em dois ambientes (câmara fria e laboratório) por 3,6 e 9 meses.

	AMBIENTE		CÂMARA	
	COM QUEBRA DE DORMÊNCIA	SEM QUEBRA DE DORMÊNCIA	COM QUEBRA DE DORMÊNCIA	SEM QUEBRA DE DORMÊNCIA
3 MESES	70 A a	55,75 A a	70,75 A a	67,25 A a
6 MESES	61 A a	48 A a	56,75 A a	56,25 A a
9 MESES	18,25 B b	46,75 A a	59,25 A a	49,5 A a

Médias seguidas de mesma letra maiúsculas (A e B) na coluna e minúscula (a e b) na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

**TABELA 8:** Massa seca de plântulas provenientes de sementes de *Acacia mearnsii* armazenadas com e sem superação de dormência em dois ambientes (câmara fria e laboratório) por 3,6 e 9 meses.

	AMBIENTE		CÂMARA	
	COM QUEBRA DE DORMÊNCIA	SEM QUEBRA DE DORMÊNCIA	COM QUEBRA DE DORMÊNCIA	SEM QUEBRA DE DORMÊNCIA
3 MESES	3,75 A a	3,0 A a	3,75 A a	3,75 A a
6 MESES	3,02 A a	2,0 A a	2,95 A a	2,82 A a
9 MESES	1,27 B b	2,8 A a	3,75 A a	2,97 A a

Médias seguidas de mesma letra maiúsculas (A e B) na coluna e minúscula (a e b) na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

Conclui-se que a impermeabilidade tegumentar está relacionada à manutenção da viabilidade das sementes no armazenamento, sendo que a ausência da dormência influencia negativamente a germinação e o vigor das sementes armazenadas. Além disso, as sementes realizam trocas gasosas com o meio e os seus pontos de equilíbrio higroscópico dependem de fatores intrínsecos da semente e do meio. Com a superação da dormência, provavelmente houve mudança no equilíbrio higroscópico das sementes, o que afetou a qualidade fisiológica do lote durante o armazenamento.

## REFERÊNCIAS

ANDRADE, R. N. B. D.; FERREIRA, A. G. Germinação e armazenamento de sementes de uvaia (*Eugenia pyriformis* Camb.)-Myrtaceae. **Revista brasileira de sementes**, Brasília, v. 22, n. 2, p. 118-125, 2000.

ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYSTS LANSING. **Seed vigor testing handbook**. Lansing: AOSA, 1983. 88 p.

BASKIN, J. M.; BASKIN, C. C. A classification system for seed dormancy. **Seed Science Research**, Wallingford, v. 14, p. 1-16, 2004.

BESSA, J. F. et al. Armazenamento do crambe em diferentes embalagens e ambientes: Parte I-Qualidade fisiológica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 19, n. 3, p. 224-230, 2015.

BEZERRA, A. M. E. et al. Avaliação da qualidade das sementes de *Moringa oleifera* Lam. durante o armazenamento. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 28, n. 6, p.1240-1246, 2004.

BORGES, S. et al. Equilíbrio higroscópico e viabilidade de sementes de angico-vermelho (*Anadenanthera peregrina* (L.) Speng) em diferentes condições ambientais de armazenamento. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 37, n. 84, p. 475-481, 2009.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: Mapa/ACS, 2009. 399 p.

BROCKWELL, J. et al. Nitrogen fixation in Acacias: na untapped resource for sustainable plantations, farm forestry and land reclamation. **ACIAR Monograph**, Canberra, n. 115, p. 132, 2005.

CARVALHO, N. D.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. Campinas: Fundação Cargill, 2000.

CATUNDA, P. H. A. et al. Influência do teor de água, da embalagem e das condições de armazenamento na qualidade de sementes de maracujá-amarelo. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 25, n. 1, p. 65-71, 2003.

CORDER, M. P. M.; BORGES, Z. R.; JUNIOR, B. N. Fotoperiodismo e quebra de dormência em sementes de Acácia negra (*Acacia mearnsii* De Wild.). **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.9, n.1, p. 71-77, 1999.

COPELAND, L.O.; McDONALD, M.B. **Principles of seed science and technology**. 4.ed. Norwell, MA: Kluwer Academic Publishers, 2001.

FENNER, M.; THOMPSON, K. **The ecology of seeds**. Cambridge: Cambridge University Press, 2005.

FERREIRA, S. D. N.; GENTIL, D. D. O. Armazenamento de sementes de camu-camu (*Myrciaria dubia*) com diferentes graus de umidade e temperaturas.

**Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v. 25, n. 3, p. 440-442, 2003.

FERREIRA, D. F. Sisvar: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**, Lavras, v. 6, p. 36-41, 2008.

FIGLIOLIA, M. B. et al. Conservação de sementes de *Cariana estrellensis* Kuntze em diferentes condições de acondicionamento e armazenamento. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 24, n. 4, p. 361-368, 2000.

HALMER, P. Commercial seed treatment technology. In: BLACK, M.; BEWLEY, J.D. (Ed.). **Seed Technology and its Biological Basics**. Sheffield: Sheffield Academic, 2000. p.266-273.

HAMPTON, J.G. Vigour testing within laboratories of the international seed testing association: a survey. **Seed Science and Technology**, Zürich, v.20, p.199-203, 1992.

HILLIG, É.; HASELEIN, R. C.; SANTINI, E. J. Propriedades mecânicas de chapas aglomeradas estruturais fabricadas com madeiras de pinus, eucalipto e acácia-negra. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 12, n. 1, p. 59-70, 2002.

JONES, T. C.; BATCHELOR, C. A.; HARRIS, P. J. C. *In vitro* culture and propagation of *Acacia* species (*A. bivenova*, *A. holosericea*, *A. salicina*, *A. saligna* and *A. sclerosperma*). **International Tree Crops Journal**, Abingdon, v.6, n.1, p.183-192, 1990.

MAESTRI, R.; GRAÇA, L. R.; SIMÕES, J. W. Análise da adubação fosfatada na produção física e econômica de acácia negra (*Acacia mearnsii* De Wild). **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 14, p. 39-53, 1987.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: Fealq, 2005.

MARCOS FILHO, J. Teste de envelhecimento acelerado. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA-NETO, J.B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. p.1-24.

MARTINS, G. N. et al. Influência do tipo de fruto, peso específico das sementes e período de armazenamento na qualidade fisiológica de sementes de mamão do grupo formosa. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 27, n. 2, p. 12-17, 2005.

MARTINS, L.; DO LAGO, A. A. Conservação de semente de *Cedrela fissilis*: teor de água da semente e temperatura do ambiente. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 30, n. 1, p. 161-167, 2008.

MATOS, V. P. et al. Efeito do tipo de embalagem e do ambiente de armazenamento sobre a germinação e o vigor das sementes de *Apeiba tibourbou* AUBL. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 32, n.4, p. 617-625, 2008.

MONTEIRO, J. M.; ALBUQUERQUE, U. P.; ARAÚJO, E. L. Taninos: uma abordagem da química à ecologia. **Química Nova**, São Paulo, v. 28, n. 5, p.892-896, 2005.

MORA, A. L. **Aumento da produção de sementes geneticamente melhoradas de *Acacia mearnsii* De Wild.(acácia-negra) no Rio Grande do Sul**. 2002. 147 p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2002.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados na avaliação das plântulas. In: VIEIRA, R.D.; CARVALHO, N.M. **Teste de vigor em sementes**. Jaboticabal: Funep, 1994. p. 49-85.

OLIVEIRA, H.A. **Acácia-negra e tanino no Rio Grande do Sul**. Canoas: La Salle, 1968.

PERRANDO, E. R.; CORDER, M. P. M.. Rebrotas de cepas de *Acacia mearnsii* em diferentes idades, épocas do ano e alturas de corte. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 41, n. 4, p. 555-562, 2006.

PINHO, D. S. et al. Avaliação da qualidade fisiológica de sementes de *Anadenanthera peregrina* (L.) Speg. durante o armazenamento. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 33, n. 1, p. 27-33, 2009.

RODO, A. B. et al. Teste de condutividade elétrica em sementes de tomate. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 20, n. 1, p. 29-38, 1998.

SANTOS, S. R. G.; PAULA, R. C. Qualidade fisiológica de sementes de *Sebastiania commersoniana* (Baill.) Smith & Downs (branquilha-Euphorbiaceae) durante o armazenamento. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 87, n. 74, p. 87-94, 2007.

SCHNEIDER, P. R.; TONINI, H. Utilização de variáveis dummy em equações de volume para *Acacia mearnsii* de Wild. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 13, n. 2, p. 121-129, 2003.

SCHUCH, L. O. B. et al. Vigor de sementes e adubação nitrogenada em aveia preta (*Avena strigosa* Schreb.). **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 21, n. 2, p. 127-134, 1999.

SIMON, A. A. **Produção de mudas de acácia-negra**: plantio 1998. Montenegro: TANAGRO, 1999. 3p. Relatório Técnico.

SOUZA, V. C.; BRUNO, R. D. L. A.; ANDRADE, L. A. Vigor de sementes armazenadas de ipê-amarelo *Tabebuia serratifolia* (Vahl.) Nich. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 29, n. 6, p. 833-841, 2005.

TONIETTO, L.; STEIN, P.P. Silvicultura da acácia negra (*Acacia mearnsii* De Wild) no Brasil. **Florestar Estatístico**, São Paulo, v. 4, n. 12, p. 11-16, 1997.

VERTUCCI, C.W.; ROOS, E.E. Theoretical basis of protocols for seed storage II: the influence of temperature on optimal moisture levels. **Seeds Science Research**, Cambridge, v. 3, n. 3, p. 215-216, 1993.

VIEIRA, F. D. A.; GUSMÃO, E. Biometria, armazenamento de sementes e emergência de plântulas de *Talisia esculenta* Radlk.(Sapindaceae). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 4, p.1073-1079, 2008.

VIEIRA, R. D. Teste de condutividade elétrica. In: VIEIRA, R.D.; CARVALHO, N.M. (Coord.). **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. p. 133-149.

VIEIRA, R.D.; KRZYZANOWSKI, F.C. Teste de condutividade elétrica. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA-NETO, J.B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. p.1-26.

**ARTIGO 2: Sintomas de deficiência nutricional em mudas de *Acacia mearnsii* (De Wild.) sob omissão de macro e micronutrientes**

**RESUMO**

O conhecimento de sintomas de deficiência nutricional de espécies comerciais permite a identificação e correção de deficiências que podem ocorrer em exemplares plantados em diferentes substratos, possibilitando, desta maneira, intervenções corretas, sem desperdícios e de menor impacto ambiental. A *Acacia mearnsii* ocupa a terceira posição entre as espécies florestais mais cultivadas com vista à produção de celulose e tanino, principalmente. Neste estudo, foram caracterizados os sintomas visuais de deficiência nutricional em mudas de *Acacia mearnsii* e avaliados o crescimento, a produção de biomassa e o acúmulo de nutrientes na parte aérea de mudas de *Acacia mearnsii* sob ausência de macro e micronutrientes pela técnica do elemento faltante em solução nutritiva. Os tratamentos constituíram-se de soluções nutritivas: solução completa (SC), SC-N, SC-P, SC-K, SC-Ca, SC-Mg, SC-S, SC-Mn, SC, Mo, SC-Zn, SC-Fe, SC-B, SC-Cu. Todos os tratamentos apresentaram sintomas de deficiência nutricional. O decréscimo de produção manifestou-se na seguinte ordem: Ca=B =N=Fe < Zn<K<Mg=Cu<P=S<Mn=Completo.

**Palavras-chave:** Ausência de nutrientes. Acácia negra. Elemento faltante. Solução nutritiva. Diagnose visual.

## ABSTRACT

Knowledge of nutritional deficiency symptoms of commercial species allows identification and correction of deficiencies that may occur in specimens planted in different substrates, allowing in this way, correct interventions, no waste and less environmental impact. The *Acacia mearnsii* ranks third among species most cultivated for the production of pulp and tannin, mainly. The visual symptoms of nutrient deficiency were characterized in *Acacia mearnsii* seedlings and evaluated the growth, biomass production and nutrient accumulation in shoots of seedlings *Acacia mearnsii* in the absence of macro and micronutrients by the missing element technique in nutrient solution. The treatments consisted of thirteen nutrient solutions: complete solution (SC), SC-N, SC-P, SC-K, SC Ca, Mg-SC, SC-S, SC-Mn, SC, Mo, Zn-SC, Fe-SC, SC-B, SC-Cu. All treatments showed symptoms of nutritional deficiency. The decrease of production was manifested in the following order: Ca=B =N=Fe < Zn<K<Mg=Cu<P=S<Mn=Completo.

**Keywords:** Nutrient absence. Black Wattle. Missing element. Nutrient solution. Visual diagnosis.

## INTRODUÇÃO

A fertilização é um dos pontos críticos na produção de mudas de qualidade em viveiro, pois as plântulas esgotam rapidamente os nutrientes armazenados nas sementes (JACOBS & LANDIS, 2009). Quando o meio não fornece ou não tem quantidades adequadas dos elementos minerais, as plantas não terão suas exigências nutricionais (quantidades de macro e micronutrientes que uma cultura retira do solo, do adubo e do ar para atender às suas necessidades) atendidas, portanto, haverá redução no crescimento devido à carência nutricional (FAQUIN, 2002).

Com relação às espécies florestais, as pesquisas têm demonstrado por meio dos tempos que a fertilização de espécies florestais melhora a produtividade, a qualidade e o estabelecimento de plantios florestais. Uma das formas de se conhecer as exigências nutricionais de uma espécie é por meio da técnica do elemento faltante. Essa técnica envolve o crescimento de uma planta sob condições de campo ou casa de vegetação, em que é testado um tratamento completo e uma série de tratamentos, nos quais é feita a omissão de um nutriente por vez (SANCHES & SALINAS, 1981). Por meio dessa metodologia associada à diagnose visual e foliar é possível estabelecer padrões nutricionais que podem ser utilizados como guia básico para a interpretação do estado nutricional das culturas (FAQUIN, 2002).

As espécies florestais apresentam exigências nutricionais e respostas ao estresse nutricional diferenciadas e a complementação nutricional é um dos principais fatores determinantes do sucesso dos plantios florestais e dos projetos de recuperação florestal. Considerando isso, infere-se que a carência ou o suprimento inadequado de nutrientes para espécies florestais pode comprometer o sucesso de um sistema de produção florestal bem como de projetos de recuperação e de restauração de áreas degradadas por meio do plantio de espécies nativas (SORREANO, 2006).

Existem diversos trabalhos relacionados à nutrição de espécies florestais. Moretti et al. (2011) estudaram o crescimento e a nutrição mineral de mudas de cedro australiano e verificaram que as mudas apresentavam elevada exigência nutricional, sendo que os nutrientes P, N, S, Ca, K, Mg e Cu, nessa ordem, foram limitantes ao crescimento das plantas. Duboc et al. (1996) verificaram que N, P, Ca e S foram limitantes ao crescimento da *Copaifera langsdorffii* em solo com pequena disponibilidade desses nutrientes. Para o jatobá, DUBOC et al. (1996b) constatou que esta espécie apresenta pequeno requerimento nutricional para N, P, Ca, Mg, S e K. Já Venturin et al. (2005) relataram que a ausência dos nutrientes P e N afetou drasticamente o crescimento das mudas de candeia (*Eremanthus erythropapus*) e que os teores de K, Ca, S, B e Zn na matéria seca da parte aérea foram reduzidos nas omissões desses nutrientes. Em outro trabalho, Venturin et al. (1999) estudou as exigências nutricionais em mudas de angico amarelo (*Peltophorum dubium*) com a técnica do elemento faltante e concluiu que as plantas de angico amarelo apresentavam elevada exigência nutricional, sendo que os nutrientes mais limitantes foram o P, N, S e o Ca. Esses nutrientes, exceto o S, foram os mais limitantes para o crescimento em altura e diâmetro de mudas de umbu (SILVA et al., 2003).

O conhecimento de sintomas de deficiência nutricional de espécies comerciais permite a identificação e correção de deficiências que podem ocorrer em exemplares plantados em diferentes substratos, possibilitando, desta maneira, intervenções corretas, sem desperdícios e de menor impacto ambiental.

No Brasil, a *Acacia mearnsii* ocupa a terceira posição entre as espécies florestais mais cultivadas. Os plantios de acácia negra ocorrem majoritariamente no Sul do Brasil e seus principais usos são: produção de celulose, tanino, lenha e carvão (SCHNEIDER; TONINI, 2003). Entretanto, apesar da sua importância econômica há poucos estudos sobre os requerimentos nutricionais desta espécie.

Desse modo, objetivou-se com este trabalho caracterizar os sintomas de deficiência nutricionais e avaliar a produção de biomassa e acúmulo de nutrientes em mudas de *Acacia mearnsii* sob condições de carência de nutrientes por meio da técnica do elemento faltante em solução nutritiva.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

Este estudo foi conduzido em casa de vegetação pertencente ao Viveiro Florestal da Universidade Federal de Lavras.

As sementes de *Acacia mearnsii* foram postas para germinar em rolos de papel germitest umedecidos 2, 5 vezes o peso do papel. Os rolos foram acondicionados em sacos plásticos posicionados verticalmente em germinador por 15 dias a 25 °C sob luz constante. Posteriormente as plântulas foram transferidas para bandejas de isopor com substrato plantmax e regadas diariamente no turno da manhã. As plântulas ficaram acondicionadas em câmara regulada para a temperatura de 25 °C sob luz constante por 2 meses. Após este período as mudas foram transferidas para as soluções de adaptação estabelecidas por Hoagland & Arnon (1950), em valores crescentes. A primeira etapa da adaptação consiste na utilização de 25% da concentração onde para o preparo da solução apenas um quarto dos volumes dos sais da solução completa foi aplicado para cada litro da solução de adaptação, posteriormente as mudas foram transferidas para uma solução de 50% da concentração e em seguida para uma solução de 75% da concentração. As mudas permaneceram por 15 dias em cada solução de adaptação. Após este período de adaptação, as plântulas foram individualizadas em vasos de plástico de 4 L, com 3 L de solução nutritiva completa, com aeração constante. As soluções com os diversos tratamentos foram trocadas a cada quinze dias e o volume das soluções nos vasos foi verificado diariamente e, quando necessário, foi completado com água deionizada. As mudas permaneceram na solução completa por um período de 4

meses. As soluções foram preparadas com reagentes puros de acordo com Hoagland & Arnon (1950) (Tabela 9).

Ao final do experimento as plantas foram colhidas, separadas as partes aérea e radicular, lavadas em água corrente e em água deionizada. Posteriormente foram colocadas em estufa de circulação forçada de ar à temperatura de 70 °C por 72 horas até o material atingir peso constante. Em seguida, o material oriundo da parte aérea da planta foi moído em moinho tipo Wiley para determinação dos macro e micronutrientes, segundo Sarruge & Haag (1974). As análises foram feitas no Laboratório de Análise Foliar do Departamento de Química da UFLA. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e teste de Tukey a 5% de probabilidade para a comparação das médias entre os tratamentos. O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado com 4 repetições e uma planta por repetição.

**TABELA 9:** Concentração de nutrientes nas soluções nutritivas utilizadas em cada tratamento.

Solução estoque	Completamente -N -P -K -Ca -Mg -S -B -Cu -Fe -Mn -Mo -Zn												
	(mmol/L)												
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
KNO <sub>3</sub>	5	0	6	0	5	6	6	5	5	5	5	5	5
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ·4H <sub>2</sub> O	5	0	4	5	0	4	4	5	5	5	5	5	5
MgSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O	2	2	2	2	2	0	0	2	2	2	2	2	2
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0	5	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0
Ca(H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> ·2H <sub>2</sub> O	0	10	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CaSO <sub>4</sub> ·2H <sub>2</sub> O	0	200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MgNO <sub>3</sub> ·6H <sub>2</sub> O	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Micro -Fe	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Micro-B	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Micro -Cu	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Micro -Mn	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Micro - Mo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Micro - Zn	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Fe-EDTA	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1
Solução micronutrientes	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0

Fonte: Hoagland & Arnon (1950).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os sintomas de deficiência de todos os nutrientes puderam ser visualizados e fotografados após a finalização do teste. O sintoma de deficiência de N (nitrogênio) caracterizou-se por clorose generalizada nas folhas velhas e novas e no caule, seguida de necrose. Esses sintomas foram também descritos em outras espécies como a *Acacia holosericea* (SARCINELLI et al., 2004), *Leucaena leucocephala* (HAAG & MITIDIARI, 1980), *Schizolobium amazonicum* (SÁ et al., 2004), *Acacia pollyphyla* (SORREANO, 2006) e *Jatropha curcas* (SILVA et al., 2009). Este nutriente é bastante móvel no floema, o que explica a clorose inicial nas folhas velhas e, além disso, compõe a molécula de clorofila (EPSTEIN, 1975; MALAVOLTA, 1980).



**Figura 1** Sintomas de deficiência nutricional em folhas e em mudas de *Acacia mearnsii* submetidas ao tratamento de omissão de nitrogênio.

Com relação à deficiência de fósforo (P), houve redução no tamanho das mudas, aparecimento de leve clorose e encurquilhamento nas extremidades das folhas mais velhas, folíolos anormais. Estes mesmos sintomas foram observados em *Tectona grandis* (BARROSO et al., 2005). Em mudas de *Aspidosperma polyneuron*, em contrapartida, os autores não observaram sintomas visuais de deficiências nutricionais, sendo apenas verificada apenas uma redução do crescimento das mudas (MUNIZ & SILVA, 1995). Também foi verificado em mudas de *Jatropha curcas* o aparecimento de coloração arroxeada nos bordos e na parte abaxial das folhas velhas e, com a evolução da deficiência, ocorreu necrose das folhas afetadas (SILVA et al., 2009). Este nutriente participa da síntese e degradação de macromoléculas, bem como outros processos metabólicos, sendo que a sua deficiência reflete em menor crescimento da planta (EPSTEIN, 1975; MALAVOLTA, 1980).



**Figura 2** Sintomas de deficiência nutricional em folhas e em mudas de *Acacia mearnsii* submetidas ao tratamento de omissão de fósforo.

Em mudas deficientes de potássio (K) foi observada redução no crescimento das mudas, clorose seguida de necrose das folhas. Em mudas de *Myracrodruon urundeva* causou a queima das folhas após o terceiro mês de deficiência (MENDONÇA, 1999). Em *Acacia holoserica* houve necrose nas borda dos filódios mais velhos, prolongando-se nas extremidades

(SARCINELLI et al., 2004). A principal função bioquímica do K é a ativação enzimática (mais de 50 enzimas são dependentes do K). Em plantas deficientes em K, algumas mudanças químicas são observadas, incluindo a acumulação de carboidratos solúveis, decréscimo no nível de amido e acúmulo de compostos nitrogenados solúveis. Também tem sido observado um efeito indireto da omissão deste elemento, o acúmulo de putrescina, que causa a necrose das folhas mais velhas (EPSTEIN, 1975; MALAVOLTA, 1980).



**Figura 3** Sintomas de deficiência nutricional em folhas e em mudas de *Acacia mearnsii* submetidas ao tratamento de omissão de potássio.

Os sintomas de deficiência de Cálcio (Ca) em mudas de *Acacia mearnsii* (Figura 4) foram: redução do crescimento da muda, murchamento e morte das gemas terminais, amarelecimento de folhas mais novas, folhas anormais com folíolos reduzidos e mal formados. Em mudas de *Acacia holoresica*, também foram observadas dobras e deformações dos filódios mais novos e gemas, com necrose das bordas. Em clones híbridos de *Eucalyptus grandis* com *Eucalyptus urophylla* a deficiência deste nutriente causou anormalidades nas folhas novas, que se tornaram deformadas e retorcidas com a morte posterior da gema apical (SILVEIRA et al., 2002). Em mudas de teca os sintomas também se

assemelham: redução do crescimento, clorose internerval, encarquilhamento e necrose das folhas, morte da gema apical, paralisação da emissão de raízes novas e apodrecimento de raízes secundárias (BARROSO et al., 2005). O cálcio tem como funções de integrar a lamela média das paredes celulares, sendo também requerido para o alongamento e divisão celular, sendo imóvel na planta. Devido a esses fatores, os sintomas de deficiência se expressam nos pontos de crescimento da parte aérea e da raiz e em frutos em desenvolvimento (EPSTEIN, 1975; MALAVOLTA, 1980)



**Figura 4** Sintomas de deficiência nutricional em folhas e em mudas de *Acacia mearnsii* submetidas ao tratamento de omissão de cálcio.

Os sintomas de deficiência de magnésio estão representados na Figura 5. Foi observado ao final do experimento clorose nas folhas velhas e também em alguns folíolos jovens com pequenas pontuações necróticas espalhadas pelo limbo. Em mudas de cupuaçuzeiro os mesmos sintomas ocorreram: clorose internerval das folhas velhas (MURAOKA et al., 1994). Adicionalmente, em mudas de *Amburana acreana* (cerejeira) após 30 dias da indução do tratamento as folhas começaram a apresentar manchas de coloração verde amarelada e esse sintoma progrediu para um acentuado amarelecimento que começou pelas bordas das folhas, fazendo com que posteriormente ficassem totalmente sem coloração, apresentando ainda bordas com aspecto ondulado (VIEIRA et al., 2011). O magnésio compõe a molécula de clorofila, atuando como co fator de enzimas fosforilativas. Desse modo a ausência deste elemento causa redução na síntese de clorofila e também de processos vitais que fornecem energia para a planta, causando os sintomas de clorose (EPSTEIN, 1975; MALAVOLTA, 1980).



**Figura 5** Sintomas de deficiência nutricional em folhas e em mudas de *Acacia mearnsii* submetidas ao tratamento de omissão de magnésio.

As plantas deficientes em Molibdênio (Mo) apresentaram clorose internerval nas folhas velhas, encurtamento do limbo para baixo, necrose dos folíolos e folhas anormais com encurvamento dos folíolos. Comportamento semelhante foi observado para as espécies *Crecopia pachystachya* e *Croton urucurana* (Sorreano, 2006).



Figura 6 Sintomas de deficiência nutricional em folhas e em mudas de *Acacia mearnsii* submetidas ao tratamento de omissão de molibdênio.

Nas plantas deficientes em Mn (manganês) foi observada clorose internerval dos folíolos mais novos formando um reticulado grosso, seguida de necrose, presença de folhas anormais encarquilhadas. Sintomas semelhantes foram observados em *Theobroma grandiflorum* (Salvador et al., 1994) e em *Jatropha curcas* (Silva et al., 2009). Os sintomas de clorose podem ser explicados pelo fato do Mn estar envolvido na formação, multiplicação e funcionamento dos cloroplastos, em função de uma inibição na síntese de lipídeos. Além disso, este micronutriente tem papel de ativar enzimas como a

polimerase do RNA, apresentando uma função indireta na síntese de proteínas e na multiplicação celular, fato que pode explicar o desenvolvimento de folhas anormais (EPSTEIN, 1975; MALAVOLTA, 1980).



Figura 7 Sintomas de deficiência nutricional em folhas e em mudas de *Acacia mearnsii* submetidas ao tratamento de omissão de manganês.

Com relação à deficiência em Zn (zinco) foi verificada a clorose internerval nos folíolos e necrose em um estágio mais avançado.

Este sintoma é semelhante ao observado para *Schizolobium amazonicum* (SÁ et al., 2004), *Croton urucurana* (SORREANO et al., 2006) e *Bombacopsis glabra* (Camacho et al., 2013). Em mudas de *Piper nigrum*, a omissão deste nutriente causou a clorose generalizada das folhas mais novas, nas quais, mostraram-se mais estreitas e alongadas (VELOSO, 1998). Salvador et al. (1999) também verificou o mesmo sintoma em mudas de *Psidium guajava*. A deficiência de Zn muitas vezes não é encontrada em plantas, porque em razão da baixa quantidade necessária desse micronutriente para algumas espécies, o conteúdo da semente pode colaborar para o suprimento inicial desse nutriente (LANGE et al., 2005). A ocorrência de clorose devida à ausência de Zn é causada porque este nutriente desempenha diversas funções metabólicas, dentre elas a atividade de uma série de enzimas (KABATA-PENDIAS, 2001) e também como integrante estrutural de uma grande variedade de proteínas (EPSTEIN; BLOOM, 2005). Na ausência de Zn ocorre a redução na atividade da anidrase carbônica, enzima localizada no citoplasma e nos cloroplastos e a inibição da fotossíntese, devido a desestruturação dos cloroplastos (FURLANI, 2004).



Figura 8 Sintomas de deficiência nutricional em folhas e em mudas de *Acacia mearnsii* submetidas ao tratamento de omissão de zinco.

A deficiência de S (enxofre) ocasionou clorose nos folíolos mais novos, necrose e desfolhamento, enrolamento das margens da folhas. Sintomas semelhantes foram observados em mudas *Aspidosperma polyneurom* (MUNIZ e SILVA, 1995), *Acacia mangium* (DIAS et al., 1994) e de *Tectona grandis* (BARROSO et al., 2005) que na ausência de enxofre, a clorose também foi observada nas folhas mais novas. A carência de S provoca uma série muito grande de distúrbios metabólicos, devido a sua participação em número grande de compostos e reações. Além disso, a fixação biológica do  $N_2$  atmosférico também é bastante diminuída sob condições de deficiência de S; a síntese de gorduras (óleos) também é afetada nestas condições (EPSTEIN, 1975; MALAVOLTA, 1980).



Figura 9 Sintomas de deficiência nutricional em folhas e em mudas de *Acacia mearnsii* submetidas ao tratamento de omissão de enxofre.

Os sintomas de deficiência de Cobre (Cu) foram: clorose dos folíolos, margens dos folíolos com um tom acastanhado, enrolamento das pontas das folhas, manchas necróticas nos bordos. Sintomas semelhantes foram constatados em *Piper nigrum* (Velooso et al., 1998). Epstein e Bloom (2005) relatam que a deficiência de cobre varia grandemente, dependendo da espécie. A principal função do cobre no metabolismo vegetal é como ativador ou componente de enzimas que participam de reações de oxirredução, sendo que a deficiência em cobre causa a diminuição das taxas fotossintéticas. Dada a grande afinidade do cobre por compostos

orgânicos é possível que os sintomas foliares sejam provocados pelo deslocamento do ferro de compostos, efetuado pelo cobre.



Figura 10 Sintomas de deficiência nutricional em folhas e em mudas de *Acacia mearnsii* submetidas ao tratamento de omissão de cobre.

A *Acacia mearnsii* demonstrou bastante sensibilidade à deficiência de Ferro (Fe). Após 40 dias da indução do tratamento a clorose foliar foi expressiva nas folhas jovens e com o aumento da severidade da deficiência, houve clorose generalizada nas folhas e na planta, seguida de uma coloração amarelo-pálida com posterior necrose das folhas e morte das plantas. O Ferro é um componente de dois complexos enzimáticos ligados ao metabolismo do nitrogênio (Nitrogenase e Redutase do Nitrato), além de ser componente de uma série de

enzimas, a maioria participante de reações de oxirredução no metabolismo. A síntese proteica é diminuída nas plantas deficientes em Fe e também a síntese de clorofila, já que este elemento também está ligado à síntese de clorofila (KERBAUY, 2004). Dessa forma, plantas deficientes em Fe apresentam deficiência de clorofila e, conseqüentemente, o sintoma é a clorose generalizada na planta. Além disso, como é componente dos citocromos, que são enzimas importantes na transferência de elétrons na respiração e na fotossíntese, também tem intenso efeito sobre a respiração e fotossíntese da planta, podendo em situação de deficiência causar a morte de tecidos (EPSTEIN, 1975; MALAVOLTA, 1980).



Figura 11 Sintomas de deficiência nutricional em folhas e em mudas de *Acacia mearnsii* submetidas ao tratamento de omissão de ferro.

De acordo com a Tabela 10, o decréscimo de produção de biomassa ocorreu na seguinte ordem: Ca=B=N=Fe< Zn<K<Mg=Cu<P=S<Mn= Completo.

As maiores reduções da produção de biomassa total foram verificadas para os tratamentos com omissão de N, Fe, B e Ca. As menores proporções de matéria seca da parte aérea correspondem aos tratamentos com omissão de N com relação aos macronutrientes, o que evidencia a grande demanda de N pelas espécies da família Fabaceae (THOMPSON et al., 1986). Resultados semelhantes foram encontrados em mudas de *Acacia holosericea* (SARCINELLI et al., 2004). A menor produção de matéria seca de raiz também foi verificada com a omissão de N, Fe, B, Zn e Ca. Com relação ao crescimento, houve grande limitação em mudas deficientes de Ca, B, Cu e Fe. Com relação ao diâmetro as médias entre os tratamentos não diferiram significativamente. O menor crescimento em mudas deficientes de B ocorre devido à paralisação do crescimento dos meristemas em plantas deficientes em boro e conseqüentemente, menor alongação e acumulação de níveis tóxicos de AIA (ácido indolacético). O Ca também é requerido para o alongamento e divisão celular e isto se reflete drasticamente no crescimento radicular. No caso do Fe, devido a menor síntese de clorofila ocorreu clorose generalizada nas plantas com posterior necrose, o que inviabilizou o crescimento. Já a deficiência de cobre manifesta-se com a redução nas taxas fotossintéticas e em decorrência disso a menor produção de biomassa e crescimento (MALAVOLTA, 1980).

Com relação aos teores de nutrientes na planta (Tabela 11), a omissão do nutriente representou a redução do mesmo nos tecidos foliares de *Acacia mearnsii*. Os teores de Ca e Mg foram elevados no tratamento completo, assim como em *Acacia holosericea* (SARCINELLI et al., 2004) e *Acacia mangium*

(DIAS et al., 1994). Este fato demonstra a elevada eficiência de utilização do Ca pela espécie, o que lhe confere capacidade de adaptação a diferentes ecossistemas.

Os tratamentos com omissão de Ca apresentaram maior teor de K, que se deve à redução competitiva entre o  $K^+$  e o  $Ca^{2+}$  em baixa concentração (MALAVOLTA, 1980). Os menores teores de P foram obtidos no tratamento com omissão deste nutriente e nos tratamentos com omissão de K e Mg. Resultados semelhantes foram encontrados em mudas de *Acacia holosericea* (SARCINELLI et al., 2004). O tratamento com omissão de S apresentou os menores teores de S e P na matéria seca. No caso do B os menores teores foram verificados no próprio tratamento com ausência deste micronutriente e com a omissão do Ca.

**TABELA 11:** Teores de nutrientes na matéria seca da parte aérea (MSPA) de mudas de *Acacia mearnsii* submetidas aos tratamentos com omissão de nutrientes.

TRATAMENTO	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Mn	Zn	Fe
COMPLETO	19,35 CD	2,40 BC	24 CDE	10,85 A	2,15 A	1,95 BCD	21,15 CD	3,05 AB	34,3 ABC	35,9 BC	107,75 DE
COMPLETO - N	13,95 D	2,75 BC	22,5 DE	4,7 CD	1,75 A	3,85 A	21,05 CD	2,80 AB	29,45 DE	31,2 CDE	76,70 FG
COMPLETO - P	21,25 BCD	0,4 D	4 F	5,2 CD	1,85 A	1,5 CD	23,5 C	1,45 ABC	33,1 CD	45 B	152,9 C
COMPLETO - K	23,1 BC	1,20 CD	12 EF	6,5 BC	1,6 A	2,20 BCD	52,9 A	1,65 ABC	27,65 DEF	45,2 AB	5454,95 A
COMPLETO - Ca	19,45 CD	2,90 BC	30 BCD	1,05 E	2,2 A	2,35 BCD	12,3 D	0,25 C	26,5 DEF	26,7 CDE	102,85 DEF
COMPLETO - Mg	24,6 BC	1,85 CD	17 EF	2,05 DE	1,75 A	2,35 BCD	13,35 CD	0,35 C	17 E	24,35 DE	71,85 G
COMPLETO - Mn	25,3 BC	2,90 BC	30 BCD	6,6 BC	2,2 A	2,5 ABCD	37,25 B	0,35 C	5,35 F	31,2 CDE	78,75 EFG
COMPLETO - Zn	26,70 BC	2,25 BCD	22,5 DE	4,95 CD	2,15 A	3 AB	42,5 B	1,20 ABC	36,8 ABC	23 E	114,75 D
COMPLETO - S	27,35 BC	2,80 BC	26 CD	2,4 DE	1,05 A	1,35 D	21,45 CD	0,20 C	21,1 EF	31,5 CDE	100,85 DEFG
COMPLETO - B	29,95 B	3,8 AB	31,5 AB	2,4 DE	2,15 A	2,8 ABC	13,6 CD	1,05 BC	45,1 B	35 BCD	255,75 B
COMPLETO - Cu	39 A	4,8 A	48 A	6,80 BC	2,2 A	3,35 AB	22,65 C	0,15 C	43,95 AB	29,15 CDE	113,25 D
COMPLETO - Fe	26,7 BC	4 AB	36,5 B	9,45 AB	2,55 A	2,55 ABCD	53,5 A	3,3 A	64 85 A	56,15 A	75,5 FG

## REFERÊNCIAS

BARROSO, D. G. et al. Diagnóstico de deficiências de macronutrientes em mudas de teca. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 29, n.5, p. 671-679, 2005.

DIAS, L.E.; FARIA, S.M.; FRANCO, A.A. Crescimento de mudas de *Acacia mangium* Willd em resposta à omissão de macronutrientes. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 18, n. 2, p. 123-131, 1994.

DUBOC, E.; VENTURIN, N.; VALE, F. R. Fertilização de plântulas de *Copaifera langsdorffii* Desf. (Óleo copaíba). **Revista Cerne**, Lavras, v. 2, n. 2, p. 31-47, 1996.

DUBOC, E. et al. Nutrição do jatobá. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 2, p. 138-152. 1996.

EPSTEIN, E. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. São Paulo: EdUSP; Rio de Janeiro: LTC, 1975. 34p.

FAQUIN, V. **Diagnose do estado nutricional das plantas**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2002. 77p.

FURLANI, A. M. C. Nutrição mineral. In: KERBAUY, G.B. (Ed.). **Fisiologia Vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004. p.113-117.

HAAG, H. P.; MITIDIERI, J. Nutrição mineral de leguminosas tropicais: II. Carências nutricionais em *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. **Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz**, Piracicaba, v. 37, n. 1, p. 71-80, 1980.

HOAGLAND, D.R.; ARNON, D. I. **The water culture method for growing plants without soils**. Berkeley: California Agricultural Experimental Station, 1950.

JACOBS, D. F.; LANDIS, T. D. Fertilization. In: DUMROESE, R. K.; LUNA, T.; LANDIS, T. D. (Ed.). **Nursery manual for native plants: a guide for tribal nurseries**. v.1. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, 2009. p. 201-215. (Agriculture Handbook, 730).

KABATA-PENDIAS, A. **Trace elements in soils and plants**. 3rd ed. Boca Raton: CRC Press, 2001. 413p.

LANGE, A. et al. Efeito de deficiência de micronutrientes no estado nutricional da mamoneira cultivar Iris. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 1, p. 61-67, 2005.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Ceres, 1980. 251p.

MENDONÇA, A. V. R. et al. Exigências nutricionais de *Myracrodruon urundeuva* Fr. All. (aroeira do sertão). **Revista Cerne**, Lavras, v. 5, n. 2, p. 65-75, 1999.

MORETTI, S. B. et al. Crescimento e nutrição mineral de mudas de cedro australiano (*Toona ciliata*) sob omissão de nutrientes. **Revista Cerne**, Lavras, v. 17, n. 4, p. 453-463, 2011.

MUNIZ, A. S.; SILVA, M. A. G. Exigências nutricionais de mudas de peroba-rosa (*Aspidosperma polyneuron* Muller Argoviensis) em solução nutritiva. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 19, n. 2, p. 263-271, 1995.

SÁ, T. C. L. L. et al. Crescimento inicial do paricá (*Schizolobium amazonicum*) sob omissão de nutrientes e de sódio em solução nutritiva. **Revista Cerne**, Lavras, v. 10, n. 2, p.184-195, 2004.

SALVADOR, J. O. et al. Sintomas de deficiências nutricionais em cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*) cultivado em solução nutritiva. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 51, n. 3, p. 407-414, 1994.

SALVADOR, J. O.; MOREIRA, A.; MURAOKA, T. Sintomas visuais de deficiências de micronutrientes e composição mineral de folhas em mudas de goiabeira. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 34, n. 9, p.1655-1662, 1999.

SANCHEZ, P.A.; SALINAS, J.G. Low-input technology for managing oxisols and ultisols in tropical America. **Advances in Agronomy**, Maryland Heights, v. 34, p. 279-406, 1981.

SARCINELLI, T. S. et al. Sintomas de deficiência nutricional em mudas de *Acacia holosericea* em resposta à omissão de macronutrientes. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 28, n. 2, p. 173-181, 2004.

SARRUGE, J.R.; HAAG, H.P. **Análises químicas em plantas**. Piracicaba: ESALQ/USP, 1974. 56p.

SCHNEIDER, P.R. et al. Determinação da produção de casca de acacia-negra (*Acacia meansii* De Wild). **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.1, n.1, p.64-75, 1991.

SILVA, E. B. et al. Sintomas visuais de deficiências nutricionais em pinhão-manso. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 44, n. 4, p. 392-397, 2009.

SILVA JUNIOR, M.C. **100 árvores do Cerrado: guia de campo**. Brasília, DF: Ed. Rede de Sementes do Cerrado, 2005. 278p.

SILVEIRA, R. L.V.A. et al. Sintomas de deficiências de macronutrientes e de boro em clones híbridos de *Eucalyptus grandis* com *Eucalyptus urophylla*. **Revista Cerne**, Lavras, v. 8, n. 2, p. 107-116, 2002.

SORREANO, M. C. M. **Avaliação da exigência nutricional na fase inicial de crescimento de espécies florestais nativas**. 2006. 296 f. Tese (Doutorado em Ecologia Aplicada) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

VELOSO, C. A. C. et al. Diagnose de deficiências de macronutrientes em pimenteira-do-reino. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 33, n. 11, p. 1889-1896, 1998.

VENTURIN, N. et al. Adubação mineral do angico-amarelo (*Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub.). **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 34, n. 3, p. 441-448, 1999.

VIEIRA, C. R. et al. Descrição de sintomas visuais em função das deficiências de macronutrientes em mudas de cerejeira (*Amburana acreana*). **Revista Floresta**, Curitiba, v. 41, n. 4, p. 789-796, 2011.