

**MOBILIZAÇÃO E DISTRIBUIÇÃO DE
RESERVAS DE SEMENTES DE SERINGUEIRA
(*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.) DURANTE A
GERMINAÇÃO E O CRESCIMENTO INICIAL**

MARCO ANTÔNIO ARAÚJO DE ALENCAR

2003

56973
048679

MARCO ANTÔNIO ARAÚJO DE ALENCAR

**MOBILIZAÇÃO E DISTRIBUIÇÃO DE RESERVAS DE SEMENTES DE
SERINGUEIRA (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.) DURANTE A
GERMINAÇÃO E O CRESCIMENTO INICIAL**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Fisiologia Vegetal, para obtenção do título de "Mestre".

Orientador

Prof. Luiz Edson Mota de Oliveira

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL
2003

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca Central da UFLA**

Alencar, Marco Antônio Araújo de

**Mobilização e distribuição de reservas de sementes de
seringueira (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.) durante a germinação e
o crescimento inicial / Marco Antonio Araújo de Alencar. – Lavras :
UFLA, 2003.**

59 p. : il.

Orientador: Luiz Edson Mota de Oliveira.

Dissertação (Mestrado) – UFLA.

Bibliografia.

**1. Seringueira. 2. Semente. 3. Germinação. 4. Bioquímica. 5.
Mobilização. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.**

CDD-633.8952

MARCO ANTÔNIO ARAÚJO DE ALENCAR

MOBILIZAÇÃO E DISTRIBUIÇÃO DE RESERVAS DE SEMENTES DE
SERINGUEIRA (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.) DURANTE A
GERMINAÇÃO E O CRESCIMENTO INICIAL

Dissertação apresentada à Universidade Federal de
Lavras, como parte das exigências do Curso de Pós-
Graduação em Agronomia, área de concentração em
Fisiologia Vegetal, para obtenção do título de "Mestre".

APROVADA em 29 de agosto de 2003

Prof. Dr. Nelson Delú Filho

UNINCOR

Prof. Dr. Renato Mendes Guimarães

UFLA



Prof. Dr. Luiz Edson Mota de Oliveira

UFLA

(Orientador)

LAVRAS

MINAS GERAIS – BRASIL

“Eu poderia viver recluso numa casca de noz e me considerar o rei do espaço infinito.”

Albert Einstein

Dedico a meus pais, Pedro e Lia, e irmãos, Mozart Filho e Lívia.

AGRADECIMENTO

Obrigado a todos que contribuíram para meu engrandecimento pessoal e profissional, durante o curso de mestrado e apoio na realização desse trabalho: UFLA, Professores e Funcionários do Setor de Fisiologia Vegetal, CAPES, Luiz Edson Mota de Oliveira, Nelson Delú Filho, Renato Mendes Guimarães, Zuleide Chaves, Barone Nojosa, Aurélio Miguel, Paulo Cairo, Andréa Shan, Lisandro Bonome, Alessandro Mesquita, Giandré Pásseri, Augusto (Guto) Viana, Gustavo Milani, Roberto Cunha, Cláudia Nascimento, Rairys Nogueira, Silvia Martin, Hilton Morbeck, Érico Castro, Teresa Marques, Gustavo Soares, Grécia Bicalho, Jorge Ferrer, Ednabel Caracas, Daniela Fries, Daniela Duarte, Anne Cybelle, Marina Seiffert, Lilian Ribeiro, Patrícia Morais, Inês Gomes e Vanúzia Oliveira.

SUMÁRIO

Página

RESUMO.....	i
ABSTRACT.....	ii
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	4
2.1 A semente de seringueira.....	4
2.2 Embebição, germinação e crescimento inicial.....	6
2.3 Aspectos bioquímicos e metabólicos das sementes.....	10
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	19
3.1 Aquisição das sementes.....	19
3.2 Semeadura.....	19
3.3 Estádios analisados.....	20
3.4 Avaliações realizadas.....	21
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	26
5 CONCLUSÕES.....	51
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	52
7 ANEXOS.....	58

RESUMO

ALENCAR, Marco Antônio Araújo de. **Mobilização e distribuição de reservas de sementes de seringueira (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.) durante a germinação e o crescimento inicial.** 2003. 59 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia / Fisiologia Vegetal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

Com este trabalho, investigaram-se alterações bioquímicas no endosperma de sementes e plantas jovens de seringueira. O experimento foi conduzido no Setor de Fisiologia Vegetal da UFLA, MG. As sementes foram colocadas para germinar em areia lavada sem matéria orgânica e irrigadas diariamente. Foram avaliados sementes maduras e os seguintes estádios de desenvolvimento: “ponto branco” - nove dias após a semeadura (DAS); “pata-de-aranha” - 12 DAS; “palito” - 19 DAS; e emissão do primeiro par de folhas - 21 DAS. O endosperma das sementes maduras apresentou 1,107 g, e a composição das reservas orgânicas foi: Lipídios (37,5%); Proteínas (9 %), sendo as frações Albuminas (2,4 %), Glutelinas (5,9 %), Globulinas (0,5 %) e Prolaminas (0,1 %); Amido (4,4 %); Açúcares solúveis totais (3,1 %); Açúcares Redutores (2,6 %); Aminoácidos livres (0,02 %). À medida que a massa seca do endosperma era consumida, a massa seca do eixo embrionário e logo, da planta jovem aumentava. As albuminas foram as proteínas preferencialmente usadas durante a germinação das sementes, e a partir desse estádio de desenvolvimento, as glutelinas passaram a ser a principal fonte de nitrogênio reduzido para atender à demanda do crescimento inicial da plântula. Ressalta-se também que, durante a germinação, os carboidratos solúveis foram a principal fonte de energia e esqueleto de carbono para o crescimento inicial do eixo embrionário, e a partir desse estádio de desenvolvimento, os lipídios parecem assumir o papel mais importante no atendimento da demanda de energia e esqueletos de carbono para o crescimento inicial das plântulas. Um aspecto interessante é que ocorreu um aumento significativo no conteúdo de amido no endosperma nos estádios de “pata-de-aranha” e “emissão foliar”, inferindo-se que a sua síntese seja decorrente da gliconeogênese oriunda da utilização dos ácidos graxos dos lipídios hidrolisados. O conteúdo de aminoácidos livres foi aumentado já no primeiro estádio de crescimento, para ser consumido pela planta jovem nos estádios subseqüentes. O acúmulo de proteínas totais, aminoácidos livres e açúcares redutores na plântula em crescimento foi mais intenso entre os estádios “pata-de-aranha” e “palito”, quando, posteriormente, passou a estabilizar. Entretanto, o conteúdo de açúcares solúveis totais aumentou até o estádio “palito”, quando passou a decrescer. Possivelmente isso ocorreu pela transformação desses açúcares em estruturais de tecidos, portanto, insolúveis.

Orientador: Luiz Edson Mota de Oliveira - UFLA

1. INTRODUÇÃO

A seringueira (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.) é uma planta arbórea, nativa da região amazônica. Essa espécie produz látex, substância esbranquiçada, pegajosa, segregada pela casca e é a matéria-prima da borracha natural.

A borracha natural é um dos produtos de consumo mais necessários no mundo e sua utilização é ampla e vai das modestas borrachinhas para apagar escritos aos cabos elétricos e tecidos impermeáveis. A indústria de pneumáticos é a maior consumidora de borracha na maioria dos países (Gamieiro, 2003). A seringueira é responsável por 99% de toda borracha natural produzida no mundo (Gonçalves et al., 1990).

Atualmente, a maior fonte dessa matéria-prima não é mais o Brasil, mas a Indonésia, para onde as sementes ou mudas de seringueira foram levadas, no final do século XIX, por ingleses. Apesar dos avanços da produção nacional na última década, o país é significativamente dependente de importações.

Na última década, o Brasil gastou, em média, US\$ 98 milhões por ano com importação de borracha natural, enquanto sua produção correspondeu a 36% do total consumido pelo país (Gamieiro, 2003). Assim, a produção brasileira total de borracha natural é inteiramente consumida pelo mercado interno, visto que a demanda é muito maior que a oferta.

O sucesso da heveicultura, além de outros aspectos, depende basicamente da utilização de mudas de qualidade superior, sendo fundamental a produção de porta-enxertos vigorosos e a escolha de clones adaptados à região, com alto potencial de crescimento e produção.

As sementes têm importante papel na produção de mudas e na conservação de biodiversidade, pois constituem fonte de material genético para

melhoramento de plantas e funcionam como reservatórios de genes (Bewley & Black, 1994).

As sementes de diversas espécies podem ser classificadas de acordo com sua composição química em amiláceas, protéicas e oleaginosas. Essa característica determina os principais meios que as sementes utilizam para promover a germinação e crescimento inicial de plantas jovens.

As sementes oleaginosas são aquelas que possuem como principal reserva os lipídios. As sementes de seringueira são ricas em lipídios; portanto, utilizam a via do glioxilato durante a germinação e crescimento inicial de plântulas.

Em razão de a propagação assexuada ser o meio utilizado comercialmente pelos viveiristas de seringueira e as sementes serem recalcitrantes, trabalhos com germinação de seringueira ainda são incipientes. O estabelecimento de seringais por plantio de mudas originadas diretamente de sementes é uma prática agrícola economicamente inviável, pois impede a padronização genética das plantas. Além disso, o uso de mudas propagadas vegetativamente visa à obtenção de plantas uniformes em seu crescimento e de maior produtividade, pois para o início da exploração do seringal, que ocorre à partir do 6^o e 7^o ano de crescimento, é necessário que a maioria das plantas atinja 45 cm de circunferência do caule (May et al., 1999)

A germinação das sementes é importante para a produção de porta-enxertos, os quais são normalmente originados de sementes de plantios de polinização aberta, sem interessar a informação genética. Quando se conseguem sementes que produzem porta-enxertos homogêneos, é possível atingir mais cedo o diâmetro mínimo para início da exploração em maior número de árvores. Esse fato reduz o período de imaturidade do seringal, o que representa garantia de maior produtividade. uma vez que mais árvores, por área, estarão aptas para o início da exploração (May et al., 1999).

Estudos básicos sobre as transformações metabólicas pelas quais passam as sementes em germinação; o conhecimento das bases bioquímicas que regulam a germinação e a compreensão da fisiologia da semente são requisitos essenciais para um melhor entendimento dos mecanismos envolvidos na germinação. Assim, conduziu-se o presente trabalho com o objetivo de monitorar a mobilização e alocação das reservas orgânicas e massa seca da semente de seringueira. Essas informações permitirão um melhor entendimento das relações entre a mobilização das reservas e desenvolvimento do embrião e crescimento inicial das plântulas.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A semente de seringueira

A seringueira, uma planta pertencente à família *Euphorbiaceae*, possui sementes de tegumento exterior constituído de testa e tegma liso, brilhante, de cor castanha, com manchas escuras e dorso convexo. Tem formato globoso ou elipsóide com mais ou menos 2-3 cm de comprimento e os frutos têm deiscência explosiva. Seu endosperma é farto, carnoso, rico de reservas oleaginosas. Seu embrião é reto, com cotilédones planos, membranáceos, arredondados, com nervação marcada e eixo hipocótilo-radícula cilíndrico e reto (Barroso et al., 1999).

Por ser recalcitrante, ou seja, sua viabilidade decresce com a redução do grau de umidade limitante de 30% (Pereira, 1979 citado por Carmo & Gomes, 1985; Macedo, 1985), a maioria dos estudos com sementes de seringueira se dedica a investigar aspectos relativos à manutenção de sua viabilidade e vigor durante armazenamento prolongado. As primeiras observações datam de 1873, quando centenas de sementes foram enviadas do Brasil para o Jardim Botânico de Londres e menos de uma dúzia germinou (Barlow, 1978 citado por Chin et al., 1981).

Dados modificados por Adindu (1986), citados por May & Gonçalves (1999), indicaram que, na Nigéria, a produção de sementes varia de 240 a 1400 g por árvore. Na Índia, a produtividade oscila em torno de 500 g e, na Malásia, 210 g por árvore (Nwankwo et al., 1986 citado por May & Gonçalves, 1999).

Há uma considerável variação no peso de sementes individuais, apresentando média de 3,25 e 4,27 g por semente para clones GT1 e RRIM 600, respectivamente (May & Gonçalves, 1999). Nas recomendações agrônômicas de Carmo & Gomes (1985), para implantação de viveiro de mudas de seringueira, constata-se que sementes de seringueira necessitam ter, em média, 4 g de massa

seca e devem ser descartadas aquelas que medem menos de 2 cm de comprimento (Teixeira, 1982 citado por Macedo, 1985). A amêndoa representa cerca de 40% da semente fresca e o tegumento, 35%, enquanto os 25% restantes são umidade (May & Gonçalves, 1999).

Souza et al. (1989) encontraram variações na massa de sementes secas de seringueira de 1,9 até 4,6 g. O tecido de reserva e o eixo embrionário correspondem a 56% e 0,1% da massa seca total da semente de seringueira, respectivamente (Alves et al., 1995). Em estudos sobre germinação, Costa Netto (1997) verificou que a amêndoa da semente de seringueira possui cerca de 1,8 g de massa seca, sendo 90% dessa massa acumulada no endosperma e 10% nos cotilédones, visto que a massa seca do eixo embrionário é praticamente desprezível. Nesse mesmo endosperma, havia 49,05 mg de nitrogênio total, correspondendo a 19,16% da fração protéica.

Selle et al. (1983), estudando características nutricionais, encontraram 18% de proteína e 48% de gordura na composição química de sementes de seringueira. Já Nwokolo (1987) quantificou 20,21% de proteína, 47,98% de lipídios e 8,12% de aminoácidos livres, quando estudou qualidade nutricional dessa espécie. Segundo Algbodion (1994), as sementes de seringueira contêm uma média de 40% de óleo de boa qualidade industrial.

Sementes de seringueira estudadas por Paula (1997), em 1994, apresentaram 30,34% de lipídios e 17,88% de proteínas, enquanto as estudadas em 1996, tinham 18,51% de proteínas, 11,06% de açúcares redutores, 0,09% de amido e 3,55% de aminoácidos livres. Agunbiagle et al. (1995) afirmam que a concentração de proteínas totais em endosperma de sementes de seringueira varia de 16,8 a 22,4%.

Mesquita et al. (2003), ao contrário dos demais quantificaram 34,20% (1800 μ mol glicose/g MS) de açúcares solúveis totais, 5% (50 mg/g ms) de amido e 0,02% (22 μ g/g MS) de açúcares redutores.

2.2 Embebição, germinação e crescimento inicial

O processo de germinação só é iniciado após a embebição de água pelas sementes, o qual promove uma série de alterações metabólicas, culminando com a retomada do crescimento do eixo embrionário. A fase inicial da absorção de água é um processo físico guiado pelo gradiente de potencial hídrico entre a semente e o ambiente. Em seguida à fase inicial de embebição (fase I), o conteúdo de água da semente atinge um platô e permanece relativamente constante ou lentamente aumenta por um período conhecido como fase II da embebição. Durante essa fase, processos metabólicos são ativados, os quais são requeridos para crescimento e finalizar a germinação. A fase III da embebição é marcada por um aumento no conteúdo de água da semente devido à absorção associada com o início do crescimento do embrião (Bewley & Black, 1994).

Assim, o início da emergência da radícula caracteriza o final da germinação e o início do desenvolvimento da plântula. Como as plântulas são altamente vulneráveis a estresses ambientais, essa é uma das fases mais críticas no ciclo de vida das plantas. Sob embebição, as células do embrião deixam de ser quiescentes e passam a apresentar metabolismo intenso, reativando a atividade respiratória.

Pritchard et al. (2002) verificaram que sementes de *Arabidopsis* contêm açúcares solúveis nas formas de glicose, frutose, sacarose e oligossacarídeos. Esses açúcares são usados para prover energia para germinação, antes da quebra de reservas começar como parte de crescimento pós-germinativo inicial.

A germinação pode ser definida como a emergência do embrião, dando início a uma variedade de atividades anabólicas e catabólicas, incluindo respiração, síntese protéica e mobilização de reservas, depois da absorção de água. Durante a germinação, a síntese de proteína é dependente, provavelmente, de síntese anterior de RNA, transcrito no enchimento da semente e mantido durante a quiescência (Desai et al., 1997).

O atraso entre embebição e germinação é devido, em alguns casos, à duração da segunda fase da embebição, quando a absorção da água é devida ao abaixamento do potencial osmótico gerado pelos metabólitos solúveis. O grande conteúdo de lipídio das sementes pode ser uma das causas da absorção lenta de água (Silva et al., 1998).

Mesmo depois da emergência da radícula, o eixo embrionário mantém seu crescimento usando as reservas da semente, sejam elas cotiledonares ou endospermicas. Os órgãos armazenadores das sementes contêm quantidades substanciais de, pelo menos, duas reservas das três formas de polímeros complexos: carboidratos, lipídios e proteínas. Essas reservas devem ser hidrolisadas ou degradadas em seus monômeros mais simples, que são eventualmente catabolisados enzimaticamente, para produção de energia e outros metabólitos essenciais para o crescimento e desenvolvimento da plântula (Desai et al., 1997).

Para se obter um bom estande final de plântulas, deve-se utilizar sementes de boa procedência, ou seja, de alta qualidade física, fisiológica, genética e sanitária. Normalmente, as sementes de seringueira comercializadas e provenientes do Estado de São Paulo são sementes recém-colhidas e apresentam poder germinativo acima de 70% (Carmo & Gomes, 1985). Entretanto, May et al. (1999) afirmam que os porta-enxertos produzidos de sementes originadas desse Estado apresentam uma grande variabilidade genética, pois as sementes são provenientes de blocos monoclonais (meio-irmãos), desconhecendo-se a origem do pólen.

A germinação de sementes de seringueira tem sido investigada, mas ainda existe carência de informação dos aspectos fisiológicos e bioquímicos da composição e mobilização das reservas (Costa Netto, 1997; Mesquita et al., 2003).

(Alves et al., 1995). Mais tarde, Costa Netto (1997) revelou que, na emissão de radícula e “pata-de-aranha”, o endosperma apresentava 1,5 g de massa seca, e no “palito”, 1,2 g.

Sementes de seringueira geraram, após 28 dias de semeadura, plântulas com 17,3 cm de altura, 13,8 g e 3,73 g de massa fresca e seca de parte aérea, respectivamente, e 13,1 cm, 3,81g e 0,867 g para radícula (Macedo, 1985). Com esses resultados, observaram-se correlações positivas entre massa fresca da parte aérea e a massa fresca da radícula, e entre massa seca da parte aérea com massas fresca e seca da radícula.

2.3 Aspectos bioquímicos e metabólicos das sementes

2.3.1 Proteínas e aminoácidos

As proteínas são os biopolímeros mais versáteis encontrados na natureza. Elas desempenham funções estruturais, enzimáticas, reguladoras e de reserva dentro da célula (Voet et al., 2000).

Osborne (1924), citado por Shewry (1995), classificou as proteínas de armazenamento em grupos, de acordo com a solubilidade, baseada na extração seqüencial em água (albuminas), solução salina (globulinas), solução alcoólica (prolaminas) e solução ácida ou básica (glutelinas). As prolaminas são geralmente restritas às sementes de cereais e poáceas (Shewry, 1995), enquanto a ocorrência de globulinas é mais comum em sementes de dicotiledôneas (Muntz, 1996).

A síntese de proteínas somente começa após a completa hidratação das células. O tempo requerido para o início da síntese protéica depois da embebição varia de acordo com a espécie, podendo ocorrer dentro de poucos minutos ou demorar várias horas (Silva et al., 1998).

As proteases são enzimas que hidrolisam proteínas de reserva em seus aminoácidos constituintes. As proteases podem ser classificadas como

endopeptidases, que catalisam pontes peptídicas internas para produzir polipeptídios menores, e exopeptidases, que clivam os aminoácidos das extremidades da cadeia polipeptídica. Os aminoácidos liberados são usados tanto para síntese protéica quanto para energia (Desai et al., 1997).

A degradação de proteínas em tecidos de armazenamento de sementes durante a germinação não ocorre de uma vez no órgão inteiro. A região onde a degradação começa varia de acordo com a espécie (Suda & Giorgini, 2000).

A mobilização de proteínas de semente se torna mensurável depois da protrusão da radícula (emergência para fora do tegumento), quando a germinação é encerrada (Muntz et al., 2001). Porém, Martins (1997), estudando germinação de sementes de duas cultivares de soja, observou que a concentração de proteínas de reserva diminuía somente em uma cultivar. Desse modo, admite-se que a mobilização protéica pode variar entre espécies e até mesmo entre cultivares.

Na raiz do estágio “palito,” o teor de proteína encontrado por Costa Netto (1997) foi de aproximadamente 50 mg/g de massa fresca e, no caule, 45 mg/g de massa fresca.

Figueiredo et al. (2002) verificaram que proteínas solúveis totais representaram 23,6% do total do peso seco das reservas de sementes de cupuaçuzeiro. Aos 30 dias após semeadura, esse valor decresceu 56,5% e as reservas protéicas concentravam-se principalmente nos epicótilos das plantas jovens. O cupuaçuzeiro, assim como a seringueira, é uma espécie arbórea, nativa da região amazônica e possui sementes de características recalcitrantes.

Durante a germinação de semente de seringueira, Mesquita et al. (2003), observaram que a concentração de aminoácidos livres no endosperma subiu de 0,21% para 0,3% (41 $\mu\text{mol/g}$ MS) logo no estágio “ponto branco”, decrescendo em seguida. Na raiz primária, a concentração de aminoácidos livres aumentou de 0,08% (13 $\mu\text{mol/g}$ MS) para 0,16% (26 $\mu\text{mol/g}$ MS), nos estádios “ponto

branco” e “emissão foliar”. No caule, essas concentrações estiveram em torno de 0,11% (15 $\mu\text{mol/g}$ MS).

Costa Netto (1997) verificou que, na radícula dos estádios “ponto branco” e “pata-de-aranha”, o conteúdo de nitrogênio total foi pouco inferior a 10 mg, enquanto na plântula inteira do “palito” esse nutriente chegou a 20 mg.

Em milho, a proteína insolúvel do endosperma decresce (ca. 81%) aos cinco dias após embebição, e no eixo em crescimento, aumenta quase 10 vezes nesse mesmo intervalo. A proteína solúvel do endosperma aumenta três vezes aos três dias após embebição, e a partir daí, começa a diminuir e, aos cinco dias após embebição, volta aos mesmos níveis de uma semente quiescente. No eixo embrionário, a concentração das proteínas solúveis aumenta progressivamente com o crescimento (Ingle et al., 1964).

Pela extração seqüencial de proteínas de sementes de *Euphorbia heterophylla*, infere-se que albuminas e a fração “insolúvel em solução salina” são as principais frações protéicas das sementes dessa espécie, enquanto as prolaminas correspondem a apenas 0,3% da proteína da semente (Suda & Giorgini, 2000). Nessa espécie, as albuminas foram degradadas mais intensamente entre 60 e 84 horas após embebição, enquanto as proteínas insolúveis em sal (glutelinas) o fizeram entre 36 e 72 horas, quando essas frações passaram a decrescer, respectivamente, 80% e 98% em relação aos seus valores iniciais. As globulinas degradaram-se mais lentamente, durante todo o período.

A maioria dos aminoácidos que aumenta e acumula no endosperma pode vir da degradação de globulinas, já que a quantidade dos aminoácidos liberada pela degradação de albumina deve ser baixa. O teor de aminoácidos decresceu 77% no período entre 48 e 72 horas após embebição. Com esses resultados, obtidos por Suda & Giorgini (2000), evidencia-se a translocação de aminoácidos provenientes da degradação de proteína para o eixo embrionário.

Figueiredo et al. (2001) constataram que os aminoácidos livres representavam apenas 1% das reservas de sementes de cupuaçuzeiro. Em relação à semente quiescente, essas reservas aumentaram, em média, 174,3% aos 30 dias após semeadura na estrutura cotiledonar, significando que os novos aminoácidos advêm da hidrólise de proteínas solúveis. Em média, as maiores quantidades de aminoácidos livres, até 45 dias após semeadura, concentram-se nos epicótilos de plântulas de cupuaçuzeiro.

Em arroz, Palmiano & Juliano (1972) observaram que a concentração de proteína total diminuiu primeiro, quando comparada à de amido, indicando uma quebra mais rápida do nitrogênio e sua conseqüente translocação para o tecido embrionário. Esses autores ressaltaram ainda que o nível de proteína decresceu significativamente depois de dois dias de germinação. Para proteínas solúveis, foi observado um aumento da concentração durante germinação até o sexto dia, quando começou a diminuir. Provavelmente esse aumento ocorreu em razão da degradação proteolítica de glutelina e da síntese *de novo* de novas proteínas (enzimas) utilizando aminoácidos liberados. O nível de aminoácidos livres diminuiu significativamente depois de dois dias de germinação.

2.3.2 Carboidratos

O amido é o principal carboidrato de reserva presente na maioria das sementes (Desai et al., 1997).

Mesquita et al. (2003) verificaram que a concentração de amido em sementes de seringueira é cerca de 5% (50 mg/g MS). Ainda foi notado que, no processo de germinação dessas sementes, houve um ligeiro incremento da concentração de amido no endosperma da semente no estágio “palito”, aumentando 7% (70 mg/g MS), e caindo novamente na “emissão foliar”.

Durante germinação e crescimento inicial de *Dalbergia miscolobium*, ocorre um aumento do conteúdo de amido nos cotilédones. Esse aumento pode

ser atribuído a atividade fotossintética ou à degradação lipídica (Silva et al., 1998). Resultados divergentes foram observados por Palmiano & Juliano (1972) que, trabalhando com sementes de arroz, observaram que o conteúdo de amido do endosperma diminuiu progressivamente durante a germinação. A diminuição no conteúdo de amido foi significativa depois de 7 dias de germinação. Um aumento nos açúcares livres acompanhou o decréscimo do conteúdo de amido.

O amido, principal reserva cotiledonar de *Macrotyloma uniflorum*, diminuiu 88% no quarto dia após embebição (Karunagaran e Rao, 1991).

De acordo com Reibach & Benedict (1982), o conteúdo de amido no endosperma de mamona (*Ricinus communis* L.) aumentou de 500 µg por semente (sementes maduras) para 1100 µg aos cinco dias após embebição. Cerca de 200 µg de amido permaneciam no endosperma aos nove dias após embebição.

Esse aumento temporário da concentração de amido no endosperma é porque a síntese de sacarose é mais rápida que a quebra durante a germinação e crescimento pós-germinativo (Hawker, 1971). Além disso, de acordo com Goldner & Beever (1989), em endosperma de sementes quiescentes de mamona, estão presentes todas as enzimas para biossíntese amido.

Nas sementes de cupuaçuzeiro, o total de carboidratos representa 21,7% da massa seca. Durante germinação de sementes de cupuaçuzeiro, o amido, principal componente de reserva cotiledonar, diminuiu de 13,2% para 2% aos 30 dias após semeadura. Paralelamente, verificou-se um progressivo aumento de carboidratos nas raízes, epicótilo e folhas das plântulas (Figueiredo et al., 2001).

Em cafeeiro, até 40 dias após embebição, o conteúdo de amido dos cotilédones aumenta de quase 0 para 27 mg/g de massa fresca, enquanto os açúcares solúveis totais diminuem 55%. No eixo embrionário, a concentração dos açúcares solúveis totais reduziu em cerca de 73%, quando atingiu aproximadamente 50 µmol/g massa fresca e tornou-se estável a partir de então

(Giorgini & Campos, 1992). Esses autores sugerem que amido é temporariamente sintetizado nos cotilédones das sementes de caféiro.

Durante o processo germinativo de seringueira, há uma diminuição de 18% de açúcares solúveis totais no endosperma da semente até a “pata-de-aranha” (1000 μmol glicose/g MS), quando ocorre um incremento rápido, chegando a 41,40% de açúcares solúveis totais na “emissão foliar”. No crescimento do eixo embrionário, o teor de açúcares solúveis totais praticamente não se altera (Mesquita et al., 2003).

Suda & Giorgini (2000) constataram que após a embebição, os açúcares solúveis totais no endosperma de *Euphorbia heterophylla* permaneceram constantes quando o nível de açúcares solúveis totais do embrião estava aumentando após embebição, enquanto os açúcares redutores exibiram um rápido aumento até 48 horas, ambos declinando logo após 72 horas. Em cupuaçuzeiro, os açúcares solúveis totais correspondem à cerca de 8,15% do tecido de reserva de sementes e, aos 30 dias após semeadura, os valores permaneciam ligeiramente mais altos (Figueiredo et al., 2001). Karunagaran & Rao (1991) averiguaram que enquanto os açúcares solúveis totais diminuíram 88% no quarto dia após embebição de sementes de *M. uniflorum*, os açúcares redutores aumentaram quase 2,5 vezes em relação ao valor inicial, indicando translocação de produtos solúveis para o eixo embrionário e respiração.

Os açúcares redutores somam 0,02% (24 $\mu\text{g/g}$ MS) em endospermas de sementes de seringueira quiescentes (sic.). Durante a germinação, há um abaixamento desse teor no estágio pata-de-aranha, e novamente uma ascensão, voltando ao mesmo valor inicial na “emissão foliar” (Mesquita et al., 2003).

Figueiredo et al. (2001) afirmam que os açúcares redutores correspondem a cerca de 0,27% das reservas cotiledonares de sementes de cupuaçuzeiro. Aos 30 dias após semeadura, a concentração sobe para 3,62% em

média, para que os açúcares redutores sejam consumidos durante o crescimento da plântula.

Estudando a distribuição das reservas em plântulas de seringueira no crescimento inicial, Mesquita et al. (2003) declaram que nas raízes o pico de concentração de açúcares redutores é no estágio “pata-de-aranha”, coincidindo com a concentração mínima do endosperma de seringueira, com cerca de 0,02‰ (20 µg/g MS). A máxima concentração no caule ocorre na “emissão foliar”, que atinge 0,04‰ (42 µg/g MS), reduzindo-se à metade, logo em seguida.

Figueiredo et al. (2001) declaram que os teores de açúcares solúveis totais são progressivamente aumentados nas partes das plântulas de cupuaçuzeiro durante o crescimento inicial. De maneira geral, aos 90 dias após semeadura, os valores são dobrados, quando comparados aos valores de 30 dias após a semeadura. As raízes são os órgãos que mais drenam as reservas cotiledonares, seguidos dos epicótilos e folhas. Aos 90 dias após semeadura, o teor de açúcares redutores nas raízes é aproximadamente 10 vezes superior aos 30 dias. Nos epicótilos, é três vezes maior, chegando a 3 e 4,2% nas raízes e epicótilos, respectivamente (Figueiredo et al., 2001).

Ingle et al. (1964) revelaram que o conteúdo de carboidratos solúveis diminuiu no endosperma de milho, enquanto aumentava progressivamente no eixo embrionário, durante germinação e crescimento inicial.

As concentrações cotiledonares de açúcares solúveis totais mantiveram-se constantes durante os períodos de germinação e crescimento inicial de plântulas de soja (Martins, 1997). Em *E. heterophylla*, os açúcares diminuíram de 7,9 a 4,1% da massa seca total (Silva et al., 1998).

2.3.3 Lipídios

Sementes armazenam triacilgliceróis como fonte de reserva para germinação e crescimento pós-germinativo das plântulas (Bewley & Black, 1994). Os triglicerídeos são hidrolisados por lipases, formando glicerol e ácidos graxos. O glicerol é metabolizado pela glicólise, depois de sua oxidação a triose-fosfato e os ácidos graxos são posteriormente oxidados pela β -oxidação, com remoção seqüencial de dois átomos de carbono na forma de acetil-CoA, que entram no ciclo do glioxilato e, posteriormente, via gliconeogênese, produzem sacarose.

A lipólise de óleos a ácidos graxos e glicerol, em sementes, ocorre nos oleossomos, enquanto a oxidação de ácidos graxos e a síntese de succinato, via ciclo do glioxilato, ocorrem nos glioxissomos. O succinato é convertido a oxaloacetato na mitocôndria e, posteriormente, esse é metabolizado a sacarose no citoplasma. A expressão gênica dessas enzimas segue um padrão estritamente temporal. A germinação e a mobilização de reservas são eventos completamente distintos (Pritchard et al., 2002).

Silva et al. (1998) advertem que em alguns casos alterações no conteúdo de lipídios podem ser mais atribuídos a diferenças nas condições ambientais, do que a fatores genéticos.

Nos tecidos de reserva, os teores de lipídios de *Pinus edulis* foram alterados significativamente quando o eixo embrionário possuía 20 a 50 mm (Pontes et al., 2002).

Muto & Beevers (1974), analisando sementes de mamona, notaram que depois do sétimo dia de germinação, quando o eixo embrionário estava com 15 cm de comprimento, o conteúdo do endosperma havia sido completamente absorvido pelos cotilédones. O teor de lipídio total do endosperma permaneceu inalterado até terceiro dia, desaparecendo praticamente no sétimo dia.

Pontes et al. (2002) afirmam que a reserva de lipídio no embrião de *Apuleia leiocarpa* (vogel) J.F. Macbr. é a única a ser utilizada durante a fase pré-germinativa, enquanto as demais permanecem constantes em seus teores.

Em *E. heterophylla*, a degradação de lipídios começou imediatamente após embebição. Um rápido declínio de reservas de óleo foi observado entre 72 e 96 horas, quando cerca de 70% dos lipídios totais haviam sido digeridos (Suda & Giorgini, 2000). Comportamento similar foi observado durante germinação de sementes e crescimento inicial de plântulas de soja (Martins, 1997).

Os lipídios representam 32% da massa seca do cotilédone de *D. miscolobium*. Durante a germinação, ao atingir 20 mm de comprimento do eixo hipocótilo-radícula, a concentração de lipídio é reduzida para 23,3% (Silva et al., 1998).

3 MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado em condições de semicampo, na área experimental do Setor de Fisiologia Vegetal da Universidade Federal de Lavras, na cidade de Lavras, localizada na região sul do Estado de Minas Gerais.

3.1 Aquisição das sementes

As sementes de *Hevea brasiliensis* Muell. Arg. utilizadas foram provenientes de seringal policlonal com mais de 40 anos de idade, localizado na Fazenda Águas Milagrosas, do município de Tabapoã, Estado de São Paulo.

As sementes foram apanhadas do solo, de árvores de mesma idade (cerca de 40 anos), na época correspondente ao início das primeiras quedas das mesmas, no fim de janeiro de 2003. O tempo decorrido entre a coleta das sementes e o início dos trabalhos foi de dez dias.

Antes da semeadura, as sementes foram visualmente selecionadas, de acordo com peso, tamanho, densidade, brilho, integridade física e ausência de patógenos. Foram medidas as dimensões externas de quatro repetições de dez sementes, destinadas à determinação de umidade.

A massa fresca de 1000, 100 e 1 semente foi feita em sete repetições.

3.2 Semeadura

A areia de leito de rio, utilizada como substrato, foi exaustivamente lavada com água e soda cáustica comercial, até a completa retirada de material orgânico, constatada pelo método de quantificação de nitrogênio micro-Kjeldahl (Bataglia et al., 1983). O germinador (canteiro) foi cheio com areia e coberto com sombrite 25%, para proteção contra radiação solar direta.

Foram utilizadas 400 sementes, separadas em quatro lotes (repetições) de igual quantidade. A semeadura foi feita em areia, com irrigação diária, à base

de água potável, buscando-se manter sempre a umidade do substrato próxima à capacidade de campo.

Em dias alternados, a partir do quinto dia após semeadura, as sementes foram retiradas do germinador para verificação do estágio de germinação. No nono dia, foram coletadas as que se encontravam no estágio “ponto branco”. No 13^o dia foram coletadas as de “pata de aranha”, e no 17^o e 21^o, foram coletadas os estádios palito e emissão foliar, respectivamente.

Em todos os estádios, cinco repetições de dez sementes foram congeladas em nitrogênio líquido e mantidas em freezer, e quatro repetições de cinco sementes foram colocadas para secar em estufa a 70^oC até estabilização da massa seca.

3.3 Estádios analisados

A partir da germinação até crescimento inicial da plântula, foram caracterizados quatro estádios de desenvolvimento distintos: protrusão de radícula (“ponto branco”), crescimento de radicelas (“pata-de-aranha”), crescimento de parte aérea (“palito”) e emissão do primeiro par de folhas (Figura 1).

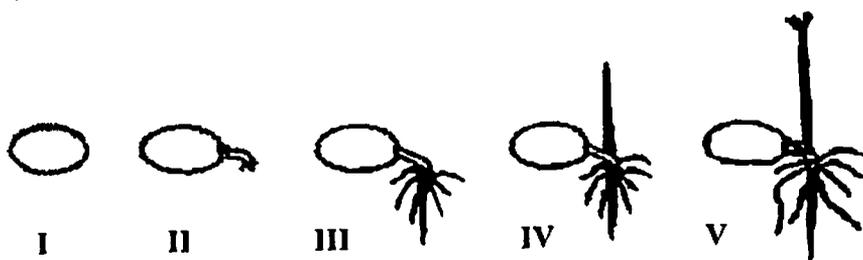


FIGURA 1 Esquema ilustrativo dos estádios de desenvolvimento inicial de plântulas de seringueira, em que I = quiescente, II = “ponto branco”, III = “pata-de-aranha”, IV “palito” e V = emissão foliar. Adaptado de Selmar et al. (1991).

3.4 Avaliações realizadas

As partes analisadas foram: o endosperma, a parte aérea e o sistema radicular das plântulas. Consideraram-se plântulas, o conjunto semente e planta jovem.

As seguintes características foram analisadas em todos os estádios, inclusive nas sementes sem germinação: conteúdo de água, de lipídios, de proteínas, amido, açúcares redutores e solúveis totais, aminoácidos e nitrogênio total.

3.4.1 Determinação de umidade e porcentagem de germinação

O cálculo do teor de água foi feito pela diferença de peso entre o material fresco e seco em estufa a 70 °C por cinco dias, utilizando-se sementes inteiras, como recomendado por Vieira et al (1995). Os valores foram expressos em relação à massa seca

A porcentagem de germinação foi feita com base nas 400 sementes utilizadas no experimento, e os resultados, expressos em porcentagem média. Para efeito de cálculo, foram somadas às sementes germinadas no 21^o dia as retiradas anteriormente em cada estágio.

3.4.2 Altura de parte aérea

Na ocasião da coleta das plântulas, mediu-se a altura da parte aérea, a partir do ponto de conexão dos pecíolos cotiledonares até a extremidade superior, no estágio “palito”, e até a inserção das folhas, no estágio de “emissão de radícula”, determinado-se a altura média por planta. Para essa medição, foram utilizadas as mesmas plântulas destinadas às análises bioquímicas.

3.4.3 Comprimento de raiz

No momento da coleta das plântulas, a raiz principal de cada uma delas foi medida, da inserção dos pecíolos cotiledonares até a extremidade final, determinando-se o comprimento médio de raiz por plântula. Foram utilizadas as mesmas plântulas destinadas às análises bioquímicas.

3.4.4 Lipídios totais

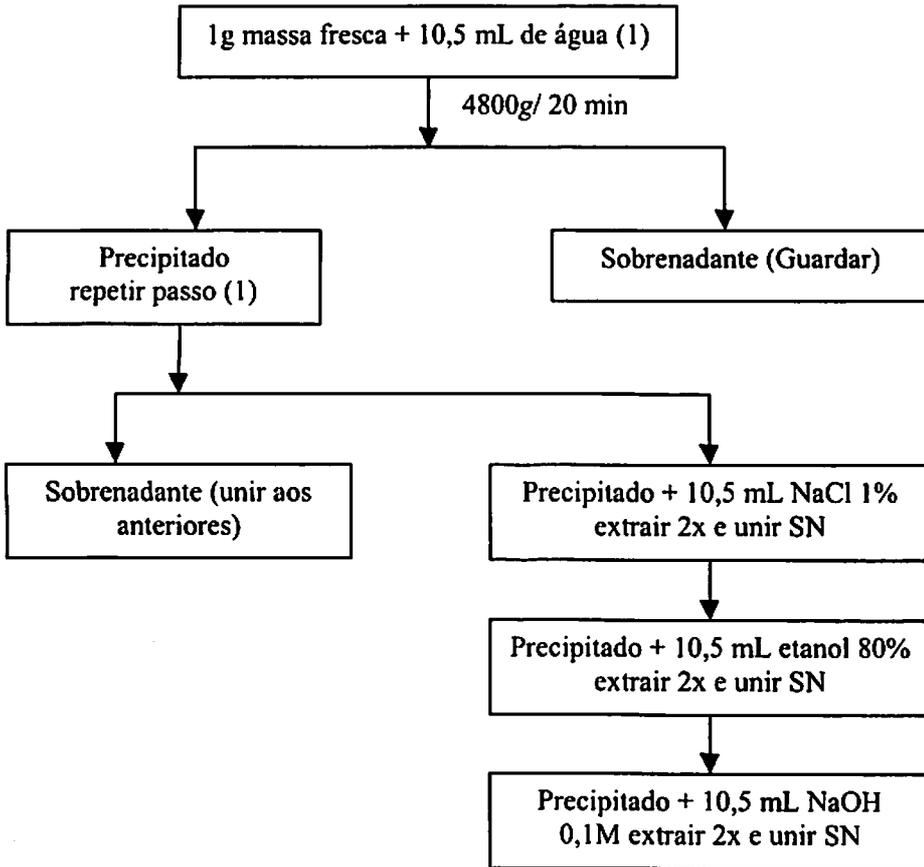
O teor de lipídios foi feito por método gravimétrico no Laboratório de Produtos Vegetais do Departamento de Ciência dos Alimentos da UFLA. Foi utilizado o procedimento-padrão do laboratório, em que endospermas secos e moídos foram colocados em cartuchos de papel-filtro, pesados e transferidos para conjunto Soxhlet, por um período de quatro horas. Foi feita a extração contínua com refluxo, em presença de éter etílico. Após a completa evaporação e recuperação do solvente, as amostras foram pesadas e o teor de lipídios, determinado.

3.4.5 Nitrogênio total

A determinação do nitrogênio total foi realizada pelo método de micro-Kjeldahl (Bataglia et al., 1983), nas diferentes partes secas e trituradas da plântula e endosperma. O material usado foi o mesmo destinado à secagem em estufa, a 70°C. Para conversão em proteína total, foi utilizado o fator 6,25, subtraindo-se o conteúdo de aminoácidos.

3.4.6 Fracionamento de proteínas

Para o estudo das proteínas solúveis, foi feita a extração seqüencial em endospermas de cada estágio, conforme esquema abaixo:

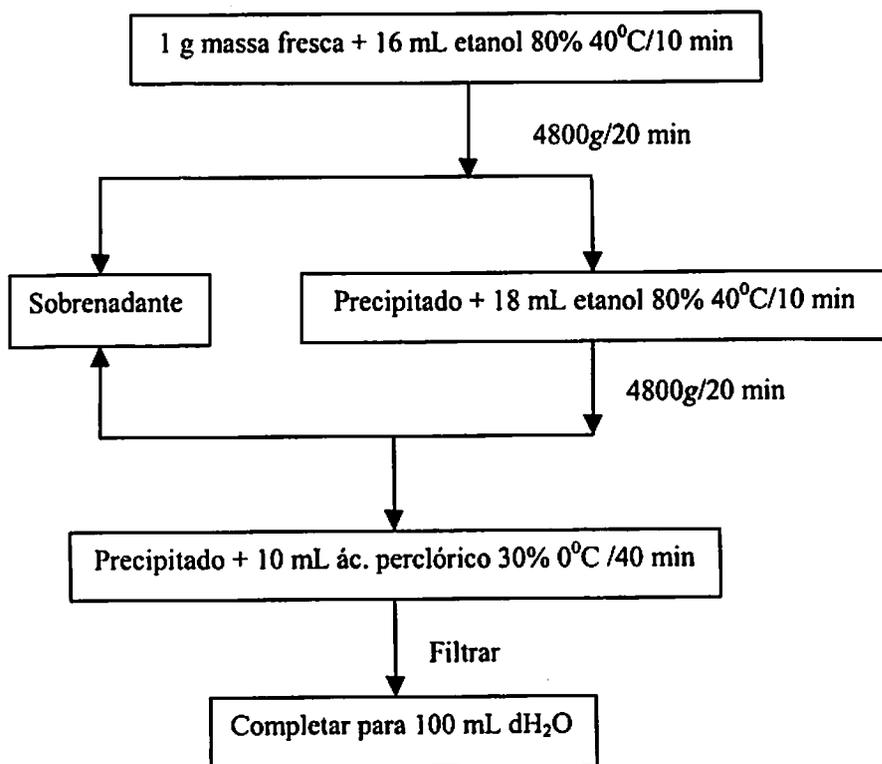


As proteínas foram extraídas de acordo com a solubilidade. Endospermas foram submetidos à extração consecutiva duplicada com água destilada (albuminas), 1% (p/v) cloreto de sódio (globulinas), 80% (v/v) de etanol (prolaminas) e 0,1 M de hidróxido de sódio. Os extratos eram incubados a 30 °C por 60 minutos, centrifugados a 4800 g por 20 minutos, sendo recolhidos os sobrenadantes.

As proteínas de cada extrato foram quantificadas pelo método de Bradford (1976), sendo a albumina bovina sérica (BSA) utilizada como padrão. A proteína solúvel total foi o resultado da soma das frações protéicas. A proteína insolúvel total foi obtida pela diferença entre a proteína total e solúvel total.

3.4.7 Carboidratos

O material utilizado nesta avaliação foi originado de sementes e plântulas congeladas. O procedimento utilizado para extração seguiu o esquema abaixo.



Juntou-se a 1 g de massa fresca 16 mL de etanol 80%, incubando-se a 40°C por 10 minutos, nas duas primeiras etapas da extração. Ao final desse processo, separou-se o resíduo contendo amido e o sobrenadante constituído de frações de açúcares e aminoácidos livres.

A porção do resíduo contendo amido foi ressuspensa com 10 mL de água e ácido perclórico a 30%, em banho de gelo. Após 40 minutos, a solução foi filtrada e teve o volume completado para 100 mL de água destilada.

3.4.8 Análises bioquímicas

As quantificações de aminoácidos, açúcares redutores e solúveis totais foram feitas pelos métodos colorimétricos de ninhidrina (Yemm & Cocking, 1955), ácido dinitro salicílico-DNS (Miller, 1959) e antrona (Yemm & Willis, 1954), respectivamente, nos sobrenadantes unidos das duas centrifugações. O padrão para aminoácidos foi a glicina, e o utilizado para os métodos antrona e DNS foi a glicose.

O conteúdo de amido foi quantificado pelo método da antrona (Yemm & Cocking, 1954), na solução resultante da filtragem após hidrólise com ácido perclórico, conforme esquema anterior.

As reservas solúveis foram obtidas pelo somatório das reservas quantificadas por extrato (proteína solúvel, aminoácidos e açúcares solúveis totais). As reservas insolúveis foram adquiridas pela soma dos conteúdos de amido, lipídio e proteínas insolúveis. As reservas totais são o resultado da soma das reservas solúveis e das insolúveis.

3.4.9 Estudo de correlação

Após a quantificação e transformação de dados, foram feitos estudos de correlação dos dados com auxílio do programa Microsoft Excel 2000 da Microsoft Corporation.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Características das sementes

Para estudar germinação de sementes de seringueira e sua viabilidade durante armazenamento, o tempo entre o dia da deiscência dos frutos e o início dos trabalhos deve ser o mínimo possível, por se tratar de uma semente intolerante à dessecação. Isso se faz necessário para que a perda de umidade seja minimizada.

O lote de 1000 sementes utilizado no experimento apresentou massa fresca de 3.203 ± 18 gramas; o de cem sementes, $350,8 \pm 1,8$ gramas; e o de uma semente, $3,27 \pm 0,11$ gramas.

A massa média de uma semente esteve dentro da variação relatada por May & Gonçalves (1999), Souza et al. (1989) e Serciloto et al. (2003); entretanto, foi inferior à encontrada por Carmo & Gomes (1985).

A massa seca de uma semente foi $2,36 \pm 0,05$ gramas, no qual o eixo embrionário representava 0,2%; os cotilédones, 6,7%; o endosperma, 47,6%; e o tegumento, 45,4% (Figura 2).

A massa seca da amêndoa foi semelhante à determinada por Serciloto et al. (2003) e inferior à de Costa Netto (1997); entretanto, as proporções de cotilédones, endosperma e eixo embrionário foram semelhantes às desses autores. O endosperma é responsável pela quase totalidade da massa seca amêndoa (Figura 2).

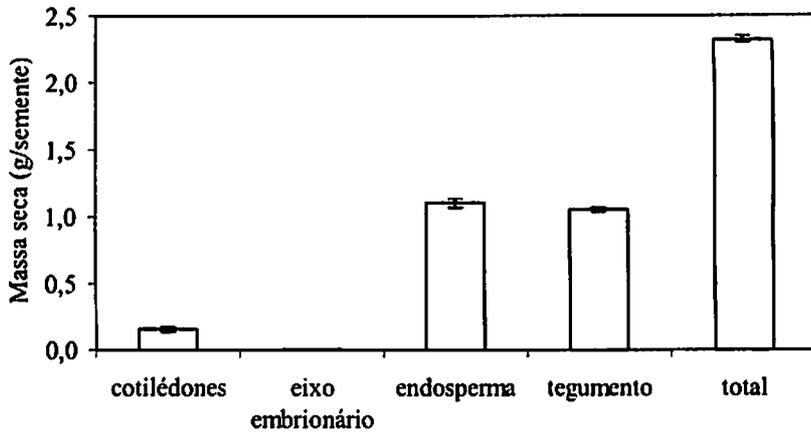


FIGURA 2 Massa seca nas partes constituintes da semente de seringueira. As barras em cada coluna representam o erro padrão da média.

As proporções de tegumento e endosperma na massa da semente fresca assemelharam-se ao descrito por May & Gonçalves (1999). Por outro lado, a proporção do tecido de reserva nas sementes secas estudadas por Alves et al. (1995) foi quase dez pontos percentuais superior à dos endospermas das sementes analisadas no presente trabalho.

As dimensões externas das sementes quiescentes foram de $2,13 \pm 0,06 \times 1,89 \pm 0,05 \times 1,51 \pm 0,02$ centímetros. Em média, as sementes foram de tamanho maior que o limite mínimo de 2 cm determinado por Teixeira (1982), como referência para o descarte de sementes em canteiros de produção de mudas, indicando boa qualidade.

Na Tabela 1 resume-se a composição das sementes de seringueira. Os lipídios foram as principais substâncias de reserva armazenadas no endosperma, seguidos de proteínas, e os aminoácidos e carboidratos representavam uma pequena proporção.

TABELA 1 Composição química do endosperma de semente de seringueira. Os valores em parênteses representam o percentual em relação à proteína total.

Componente	Massa por endosperma (mg)	% da massa seca
Lipídio	414,6 ± 24,66	37,5
Fração protéica		
Total	222,1 ± 0,38	20,1
Albumina	26,5 ± 0,12	2,4 (11,9)
Globulina	5,9 ± 0,48	0,5 (2,7)
Prolamina	1,6 ± 0,11	0,1 (0,7)
Glutelina	65,6 ± 3,18	5,9 (29,5)
Solúvel total	99,6 ± 2,81	9,0 (44,8)
Insolúvel total	121,5 ± 1,57	11,1 (55,2)
Aminoácidos	0,2 ± 0,08	0,02
Amido	48,0 ± 0,50	4,4
Açúcares solúveis totais	34,8 ± 3,12	3,1
Açúcares redutores	23,4 ± 6,03	2,6
Média ± erro padrão da média		

A concentração de proteínas totais de 20,1% da massa seca assemelha-se aos valores relatados na literatura (Selle et al, 1983; Nwokolo, 1987; Paula, 1997; Agunbiagle et al., 1995; Costa Netto, 1997).

Os aminoácidos livres praticamente inexistiam no endosperma da semente (Figura 6), o que contraria os valores determinados por Mesquita et al. (2003), Nwokolo (1987) e Paula (1997). A discrepância entre os valores determinados aqui e os da literatura pode ser devida a diferenças nas metodologias para extração, quantificação e expressão dos resultados concernentes a aminoácidos.

Pelos resultados de lipídios, confirma-se a predominância dessa reserva no endosperma da semente (Figura 8). Os valores quantificados nas sementes quiescentes são semelhantes os de Paula (1997). Contudo, são inferiores aos relatados por Selle et al. (1983), Nwokolo (1987) e Algbodion (1995). Paula (1997) utilizou sementes provenientes do Estado de São Paulo, enquanto as utilizadas pelos demais autores pertencem a outros países, e isso pode explicar a

semelhança de concentração de lipídios entre as sementes brasileiras e a diferença em relação às estrangeiras, haja vista o conteúdo de lipídios estar associado a alterações nas condições climáticas do ambiente (Silva et al., 1998), além de fatores genéticos.

A quantificação de amido confirmou observações prévias (Mesquita et al., 2003), entretanto, foi mais de 50 vezes superior aos resultados obtidos por Paula (1997). A metodologia para quantificação de amido no endosperma foi a mesma utilizada por Mesquita et al. (2003), mas diferente da utilizada por Paula (1997). Logo, isso pode explicar a semelhança e a diferença dos valores de concentração de amido entre os valores relatados por outros autores na literatura.

A concentração de açúcares redutores das sementes utilizadas no presente trabalho foi milhares de vezes maior que a das sementes utilizadas por Mesquita et al. (2003) e menos da metade que a das sementes de Paula (1997). Apesar de a metodologia para quantificação de açúcares redutores ser a mesma de Mesquita et al. (2003), em seu trabalho, foi utilizado tampão fosfato de potássio como extrator, enquanto Paula (1997) usou outra metodologia para quantificação dos açúcares. Além disso, Paula (1997) e Mesquita et al (2003) utilizaram a amêndoa inteira, em vez de somente o endosperma.

Os açúcares solúveis totais constituem uma pequena parte das reservas do endosperma de seringueira (3,1%), concordando, portanto, com a maioria das espécies (Bewley & Black, 1994).

Germinação e crescimento inicial

As sementes apresentaram percentual de germinação de $77\% \pm 2,8$ e umidade de $38,5\% \pm 2,1$. (Média \pm erro padrão). A germinação média das sementes está de acordo com Carmo & Gomes (1985), que recomendam sementes provenientes de São Paulo, por apresentarem poder germinativo

superior a 70%. A avaliação final do percentual de germinação foi feita no 21^o dia, como indicado por Vieira et al. (1995) e Carmo & Gomes (1985).

Além disso, contribuiu para esse percentual de germinação a umidade inicial das sementes, a qual foi maior que o limite inferior para o bom desempenho germinativo (Sercilotto et al., 2003; Garcia & Vieira, 1994; Macedo, 1985).

A germinação pode ser apressada pelo aumento da temperatura ambiente. Vieira et al. (1995) observaram que a taxa e a porcentagem de germinação de sementes de seringueira foram maiores aos 30°C, quando comparadas com temperaturas inferiores.

A maioria das sementes germinadas encontrava-se no estágio “ponto branco”, no nono dia após a semeadura, coincidindo com o tempo de germinação indicado por Carmo & Gomes (1985) e diferindo de Alves et al. (1995).

A umidade média das sementes no estágio “ponto branco” foi superior em 36 pontos percentuais à das sementes estudadas pela EMBRAPA (1981). As sementes utilizadas no presente estudo já se encontravam com umidade inicial próxima àquela indicada pela EMBRAPA para protrusão de radícula.

Somente depois de penetrar no solo e emitir as radículas é que a parte aérea aparece. Durante este estágio de desenvolvimento, o tegumento que envolve o endosperma e os cotilédones normalmente permanece subterrâneo, dependendo da profundidade da semeadura. Os cotilédones parecem somente ser necessários se ainda houver endosperma para ser metabolizado (Serciloto et al., 1997; Finneseth & Layne, 1998).

Alves et al. (1995) verificaram que a protrusão de radícula e “pata-de-aranha” ocorrem aos 13 dias após semeadura e que “palito” e emissão foliar ocorrem aos 17 e 32 dias após semeadura. No presente trabalho, os tempos necessários para alcançar “pata-de-aranha” e “palito” foram iguais a Alves et al.

(1995) e muito mais precoce que os descritos por Lemos et al. (1998). Mas, para a emissão foliar, as sementes do presente estudo apresentaram velocidade de crescimento superior às de Alves et al. (1995).

Sementes de seringueira são normalmente provenientes de seringais policlonais de polinização aberta, ocasionando uma enorme variação genotípica na progênie. Essa variação pode ser responsável pela desuniformidade de germinação de um mesmo lote de sementes.

A alteração nas reservas das sementes durante o período de formação pode alterar o vigor das sementes de mesma origem, porém, de épocas diferentes. De acordo com Asaki (1988), as grandes variações do conteúdo das reservas das sementes podem ser devidas à variabilidade genética ou à plasticidade fenotípica.

O atraso entre a embebição completa e a germinação é devido, em alguns casos, à duração da segunda fase de embebição (Silva et al., 1998). A grande quantidade de lipídios das sementes de seringueira pode estar envolvida na absorção lenta de água; por isso, requer nove dias para ocorrer a germinação (Figura 8).

Em *Asimina triloba* (L.), o extenso tempo (12 dias) requerido para emergência foi atribuído à necessidade para desenvolvimento de cotilédones haustórios dentro da semente, a fim de transferir as reservas armazenadas do endosperma para a radícula e o sistema radicular em desenvolvimento (Finneseth & Layne, 1998).

Na Figura 3 encontra-se a formação da plântula, com o aumento de massa seca de raiz e parte aérea, em detrimento da massa seca do endosperma. Verifica-se um alongamento das raízes e parte aérea, em decorrência do crescimento inicial das plantas jovens (Figura 2).

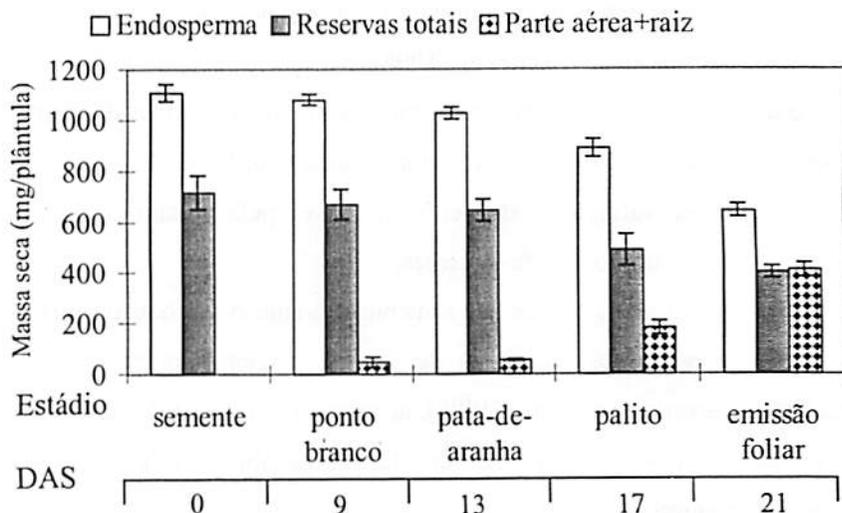


FIGURA 3 Reservas totais, massa seca de endosperma, parte aérea e raiz de sementes e plântulas de seringueira durante o crescimento inicial (DAS=dias após sementeira). As barras nas colunas exibem o erro padrão da média.

No “ponto branco”, o endosperma compreendia 47,5% da massa seca total. Aos 17 dias, o eixo embrionário representava 8% da massa seca da plântula, e o endosperma 36%. Na “emissão foliar”, 42% da massa seca total do endosperma foi consumido quando o sistema radicular representava 47% da massa seca da planta jovem.

Aumentos na massa seca do eixo embrionário foram detectados já aos nove dias após sementeira, embora nenhum decréscimo significativo na massa seca do endosperma fora observado no mesmo período (Figura 3). Isso é provavelmente devido ao grande tamanho do endosperma em relação ao pequeno incremento na massa do eixo embrionário. Apesar disso, o coeficiente de correlação entre a massa seca do endosperma e o crescimento do eixo embrionário (-0,996) ratifica observações feitas por Serciloto et al (1997), que

afirmam que no intervalo estudado o crescimento das plântulas ainda é muito dependente das reservas.

A diferença principal entre a radícula do “ponto branco” e a da “pata-de-aranha” é a emissão de radículas nesse último estágio; por isso, não há diferença significativa entre a massa seca de raiz, nos referidos estádios.

Quando o primeiro par de folhas foi emitido, o sistema radicular representava 43% da massa seca da planta jovem, ou seja, a parte aérea, proporcionalmente maior, já se preparava para começar a realizar fotossíntese, passando a ser autótrofa.

No “ponto branco”, foi observada uma diminuição de cerca de 2,5% na massa seca do endosperma, valor muito aquém do relatado por Costa Netto (1997). Nesse ponto, esse mesmo autor detectou 100 mg de redução no endosperma da semente, contra os 30 mg quantificados no presente trabalho. Essa diferença indica uma tendência de que quanto maior a semente, mais tempo e, conseqüentemente, mais energia é gasta para incitar a germinação e o crescimento inicial da plântula.

Entre os estádios “ponto branco” e “pata-de-aranha”, ocorreu um decréscimo de quase 5% na massa seca do endosperma, diferentemente de Costa Netto (1997), que não detectou nenhuma alteração no percentual de massa seca do endosperma nesse intervalo.

No estágio “palito”, o endosperma reduziu 19% da massa seca inicial do endosperma, sendo um consumo três vezes superior ao relatado por Alves et al. (1995), e seis pontos percentuais inferior ao de Costa Netto (1997). Se for considerado somente o conteúdo de reservas bioquímicas quantificáveis, esse consumo chega a ser de 30% do valor inicial. Todas as reservas quantificáveis foram convertidas em massa seca da plântula em crescimento. Em relação à massa seca do endosperma, 82% do seu consumo foram destinados à produção de material estrutural do eixo em crescimento, e o restante foi usado na

respiração. Esses dados não são coincidentes com os de Alves et al. (1995), que constataram que somente 23% do consumo de massa seca do endosperma foram destinados a produção de massa seca do “palito”.

Na “emissão foliar”, a massa seca do endosperma diminuiu 42% em relação à semente quiescente e 39% das reservas quantificáveis, *versus* os 20% de endosperma consumidos nas sementes de Alves et al. (1995).

O consumo de reservas e o crescimento da plântula apresentaram elevado coeficiente de correlação negativo. As correlações positivas entre a massa fresca da parte aérea com radícula e a massa seca da parte aérea com a massa fresca e seca da radícula (Macedo, 1985) foram confirmadas. Além dessas, as massas secas e os comprimento da raiz, parte aérea e total foram positivamente correlacionados.

A hidratação é a mudança mais óbvia associada à germinação e ao crescimento inicial. Todas as partes da plântula tiveram o conteúdo de água incrementado (Figura 4). A maior quantidade de água é acumulada na própria semente.

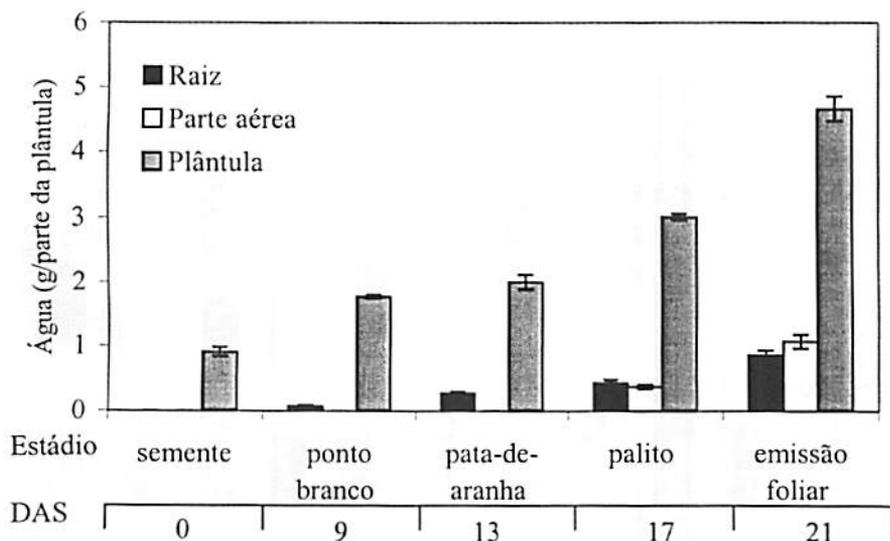


FIGURA 4 Conteúdo de água da plântula (eixo embrionário + semente), raiz e parte aérea (DAS=dias após semeadura). As barras nas colunas exibem o erro padrão da média.

A geminação é caracterizada por uma rápida absorção de água, que facilita a mobilização de material de reserva e a utilização desse pelo eixo embrionário em crescimento. Neste trabalho, o conteúdo de água do eixo em crescimento foi inversamente proporcional a massa seca do endosperma (coeficiente de correlação -0,996).

Com a hidratação progressiva da semente, ocorreu uma mudança associada dos constituintes solúveis e insolúveis (Figura 5). Componentes insolúveis representaram 53% e 48% da massa seca do endosperma da semente no início e ao final do experimento, respectivamente (Figuras 3 e 5). Os componentes insolúveis, em relação às reservas totais, tiveram um decréscimo, ocasionando um aumento na proporção de constituintes solúveis.

correspondendo a menos de 1% de proteína total (Figuras 6 e 7). Porém, na “emissão foliar”, seu conteúdo é mais de quatro vezes superior ao da semente madura.

As proteínas extraídas de endospermas no estágio de “pata-de-aranha” aumentaram em relação a sementes maduras e foram consumidas nos estádios subsequentes (Figura 6). O mesmo ocorreu com *Dalbergia miscolobium* durante germinação. Silva et al (1998) atribuíram isso a mudanças na solubilização, em vez de metabolismo.

A maioria dos aminoácidos livres que aumentam e se acumulam no endosperma de seringueira parece vir da degradação de albuminas (coeficiente de correlação -0,73), pois as outras não alteram ou mesmo aumentam suas concentrações, diferentemente do que se verificara em sementes de *E. heterophylla*, cujos aminoácidos provêm da hidrólise de globulinas (Suda & Giorgini, 2000).

O conteúdo de aminoácidos aumentou quase 70 vezes em relação a semente quiescente, evidenciando a hidrólise das proteínas analogamente a sementes de cupuaçuzeiro (Figueirêdo et al., 2002). Na forma de aminoácidos livres, o nitrogênio é translocado para as partes em crescimento, onde, então, é metabolizado em proteína novamente (Figura 6).

Durante a germinação das sementes, a concentração de aminoácidos livres atingiu o ponto máximo de 1,61% na “pata-de-aranha”, permanecendo, desse modo, até o “palito”, decrescendo em seguida (Figura 6). Ficou evidente que os aminoácidos livres foram provenientes da degradação de proteínas, especialmente albuminas, e são translocados para o eixo em crescimento, consoante com Suda & Giorgini (2000).

Examinando a Figura 8, percebe-se que os teores de amido e açúcares redutores oscilam no decorrer do crescimento inicial. O máximo de 48 mg de amido/endosperma estava na semente madura. O padrão de acúmulo de amido é

similar ao acúmulo de açúcares redutores do mesmo tecido, que exibiu um máximo de 48 mg de açúcares redutores/endosperma na “pata-de-aranha”. Nem todo amido produzido pelo endosperma foi completamente utilizado.

Os açúcares solúveis totais constituem uma pequena proporção das reservas, e a hidrólise desses constituintes somente é significativa após a “pata-de-aranha”.

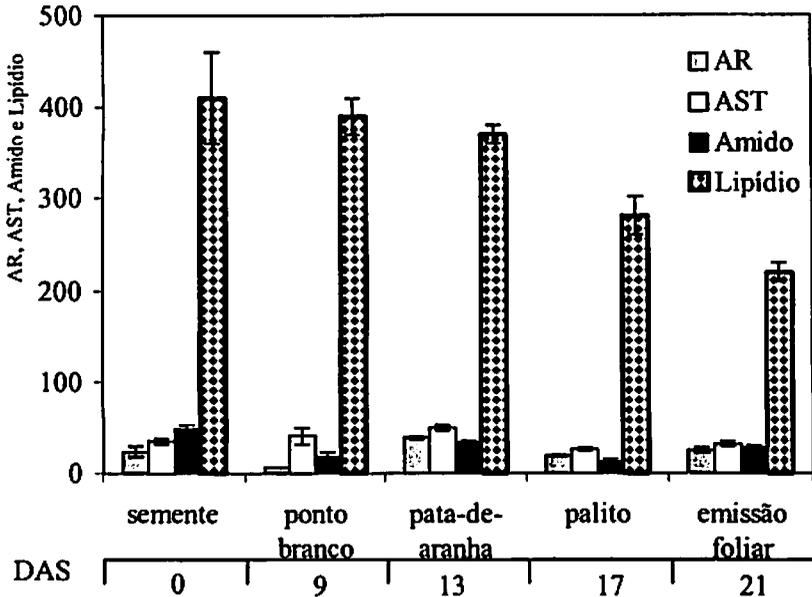


FIGURA 8 Conteúdo de carboidratos e frações e lipídios em endosperma de sementes de seringueira durante crescimento inicial de plântulas (DAS= dias após semeadura). As barras nas colunas exibem o erro padrão da média.

Os açúcares redutores acompanham a variação da concentração de amido no endosperma. Logo, no “ponto branco”, ocorre uma queda brusca na concentração da fração desses carboidratos. Na “pata-de-aranha”, os valores elevam-se novamente, voltando a diminuir no “palito” e, mais uma vez, de maneira mais branda, elevam-se na “emissão foliar” (Figura 8).

No “ponto branco” e em “pata-de-aranha” ocorreu pequena mobilização de massa seca do endosperma para o eixo em crescimento, ou seja, pouca solubilização das reservas aconteceu, mas foi o suficiente para promover o crescimento inicial da radícula. Verificou-se, nessa etapa, com a interconversão de componentes nitrogenados e a oscilação dos teores de carboidratos solúveis e insolúveis, que muitos processos metabólicos já haviam sido iniciados.

A principal reserva endospérmica - os lipídios - foi progressivamente exaurida no decorrer do crescimento inicial. A mobilização desses compostos é inicialmente lenta até a “pata-de-aranha”, quando há um consumo de apenas 10%. No estágio “palito”, o consumo passa a ser mais rápido, chegando a mais de 30% do valor inicial (Figura 8).

Ao oposto do que ocorreu com arroz (Palmiano & Juliano, 1972), o conteúdo de amido e dos açúcares redutores diminuíram antes da proteína total. Por conseguinte, os substratos iniciais para promover a germinação foram carboidratos, como relatado por Pritchard et al. (2002) (Figuras 6 e 8). Subseqüentemente, o crescimento do eixo parte aérea- raiz continuou e foi mantido às expensas de materiais de reserva transferido do endosperma pelos cotilédones (Figura 9). A utilização dos carboidratos logo no início deve ser por causa da facilidade para quebra e metabolização dessas moléculas, desprendendo energia mais rapidamente (Figura 8).

A linha que representa a concentração de amido no endosperma das sementes em germinação oscila no gráfico, ora em ascensão, ora em diminuição, onde as extremidades são os picos (Figura 8). Essa configuração é diferente dos resultados de Mesquita et al. (2003), em que a concentração do amido pouco variou ao longo do crescimento inicial das plantas de seringueira.

Essa oscilação no conteúdo de amido é destoante da maioria das espécies, que durante a germinação somente o degradam para fornecimento de

carbono ao eixo parte aérea-raiz em crescimento (Karunagaran & Rao, 1971; Figueiredo et al., 2001; Palmiano & Juliano, 1972).

O aumento na quantidade de amido durante germinação e crescimento inicial possivelmente é originado da degradação lipídica, envolvendo o ciclo do glioxilato e a ativação subsequente da gliconeogênese (Browse, 1998). Como a demanda é menor que a oferta, os carboidratos podem ser temporariamente armazenados na forma de amido à semelhança de sementes de mamona, uma outra euforbiácea, em que a síntese de sacarose é mais rápida que o consumo durante a germinação e crescimento pós-germinativo (Hawker, 1971). O decréscimo de lipídios durante esse período reforça essa possibilidade (Figura 8).

Incrementos de açúcares redutores em tecidos de reserva também foram detectados em sementes de cupuaçuzeiro durante germinação e crescimento pós-germinativo. Depois, os açúcares são consumidos pela plântula em crescimento, diminuindo sua concentração, como ocorre com *E. heterophylla* (Silva et al., 1998; Figueirêdo et al., 2001).

Os padrões de desenvolvimento da concentração de amido e de lipídios observados nas sementes de seringueira estão de acordo com os relatados para outras sementes, como mamona (Reibacht & Benedict, 1982), *D. miscolobium* (Silva et al., 1998) e café (Giorgini & Campos, 1990).

O conteúdo de carboidratos no endosperma no estado de “ponto branco” indica que a hidrólise de carboidratos é iniciada logo no início da germinação, como ocorreu com sementes de milho (Ingle et al., 1964).

Pelos dados obtidos, infere-se que os lipídios dos endospermas são pouco utilizados até 13 dias após semeadura, mas evidenciam que o consumo é mais rápido a partir dos 17 dias, quando há um decréscimo de 32% (Figura 8). Com esses dados, reforça-se a idéia de que a mobilização lipídica dos tecidos de reserva das sementes não se faz necessária para a germinação, mas sim para o

estabelecimento de plântulas (Muto & Beevers, 1974; Graham & Eastmond, 2001; Pontes et al., 2002; Pritchard et al., 2002).

O crescimento do eixo está inversamente correlacionado com o conteúdo de lipídios do tecido endospermico das sementes de seringueira.

Com exceção de amido, açúcares redutores e aminoácidos, as mudanças dos outros componentes do endosperma foram de menor magnitude até a “pata-de-aranha”. Isso está bem ilustrado pelos dados de massa seca do endosperma apresentados na Figura 3, que mostra o endosperma de sementes de seringueira com massas semelhantes do início do experimento até “pata-de-aranha”.

O conteúdo de açúcares solúveis totais no endosperma permaneceu constante até a “pata-de-aranha”, quando ocorreu um decréscimo de 34%, e destarte permanece, à semelhança do que ocorreu com sementes de *Euphorbia heterophylla* e cupuaçuzeiro (Silva et al., 1998 e Figueirêdo et al., 2001). Sementes de soja não variaram as concentrações de açúcares solúveis totais durante germinação e crescimento inicial (Martins, 1997). Provavelmente a conversão de lipídios a carboidratos ocorreu no endosperma, mantendo os níveis de açúcares solúveis totais (Figura 8).

Os pontos da curva representativa do conteúdo de açúcares redutores foram semelhantes aos do amido, apesar de ambos não apresentarem uma forte correlação (Figura 8). O conteúdo de açúcares redutores foi máximo no estágio mediano, “pata-de-aranha”, quando os valores chegaram a mais do dobro do conteúdo inicial dos endospermas.

A oscilação de concentração de açúcares redutores de Mesquita et al. (2003) durante a germinação de seringueira é semelhante ao obtido aqui (Figura 8).

A hidrólise de lipídios no endosperma excedeu a taxa de sua utilização pelo eixo embrionário (Figura 8). Os carboidratos excedentes são temporariamente convertidos a amido; por isso ocorre o incremento do teor

desse durante o crescimento inicial de plântulas. Goldner & Beevers (1989) afirmam que endosperma de mamona contém todas as atividades enzimáticas para biossíntese de amido.

Durante germinação de mamona, Reibacht & Benedict (1982) mostraram que os lipídios de reserva supriam carbono para síntese de sacarose e que as enzimas para anabolismo de amido estavam presentes.

O crescimento do eixo embrionário se inicia com o alongamento único da radícula. Somente a partir do “palito”, a parte aérea cresce em ritmo superior ao da raiz, numa taxa de crescimento mais elevado (Figuras 1 e 9).

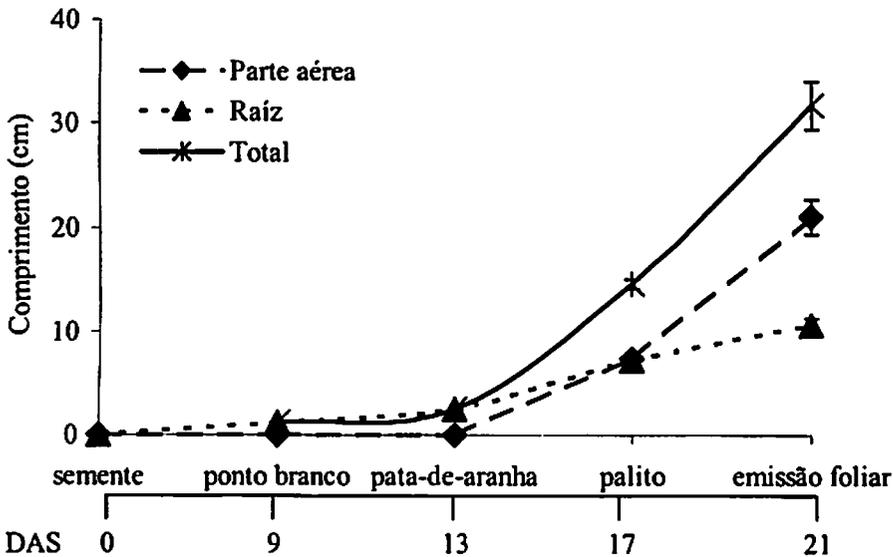


FIGURA 9 Comprimento de raiz, parte aérea e total de plântulas de seringueira em diferentes estádios (DAS= dias após sementeira). As barras nas colunas exibem o erro padrão da média.

No “ponto branco” (dia 9), a radícula media 1,2 centímetro. Entre o “ponto branco” e “pata-de-aranha”, a radícula dobrou de tamanho. No estágio de “palito”, a parte aérea também é lançada, medindo em torno de 7,5 centímetros, sendo o mesmo comprimento da raiz.

Na “emissão foliar”, os comprimentos médios da raiz e da parte aérea eram 10 e 21 centímetros, respectivamente (Figura 9).

Tomando-se a composição da plântula em relação a sua massa seca, somente a umidade permaneceu constante (Figuras 3 e 4). Os teores de proteínas (Figura 10), aminoácidos (Figura 11) e açúcares (Figuras 12 e 13) variaram ao longo do crescimento da planta jovem.

Mudanças na distribuição dos componentes no eixo embrionário

A contribuição aparente do endosperma para a protrusão de radícula foi irrelevante, justificada somente pelo decréscimo de 2,7% da massa seca. Embora a mudança na massa seca tenha sido pequena, ocorreram nesse tecido alterações significativas durante a germinação. Os carboidratos, em conjunto, diminuíram 38%; os compostos nitrogenados totais, 1,7% em relação à sua concentração inicial; e os lipídios tiveram uma diminuição de quase 5% em seu conteúdo (Figuras 6, 7 e 8).

Pelos dados apresentados nas Figuras 6, 7 e 10, verificam-se a solubilização, redistribuição e síntese de proteína na plântula. O consumo de proteína no endosperma é concomitante com sua síntese na planta jovem.

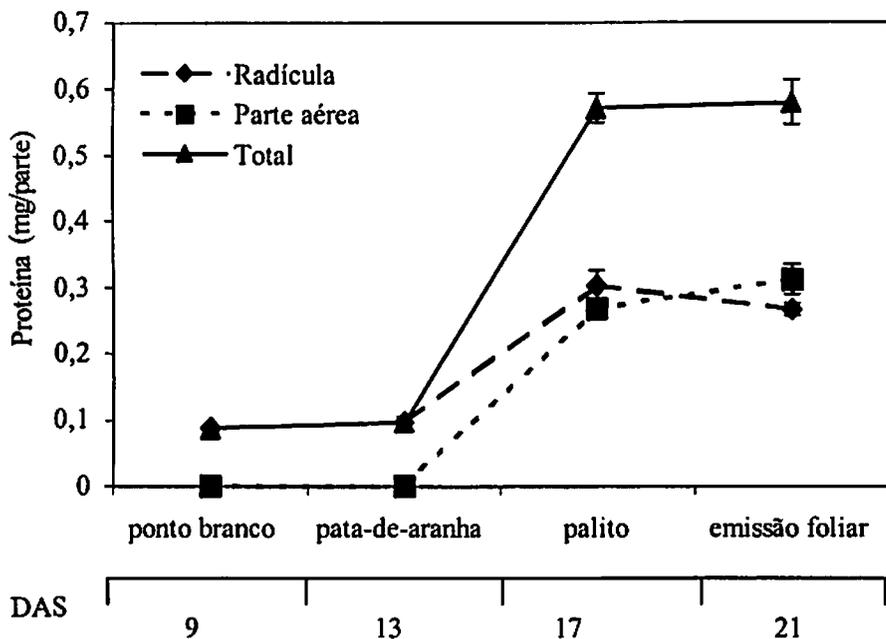


FIGURA 10 Conteúdo de proteína total na raiz, parte aérea e total, na planta jovem de seringueira em diferentes estádios de crescimento (DAS= dias após semeadura). As barras nas colunas exibem o erro padrão da média.

O conteúdo de aminoácido do endosperma atinge patamar na “pata-de-aranha”, quando ocorre uma maior hidrólise de proteínas (Figura 6). A partir daí, percebe-se um maior acúmulo de proteína total e aminoácidos nas partes da plântula em crescimento. A proporção de aminoácidos livres presentes no eixo parte aérea-raiz aumentou progressivamente com o crescimento inicial, embora numa taxa menor que o crescimento do eixo (Figura 11).

O conteúdo de nitrogênio total da planta jovem no estado “palito” foi quase cinco vezes inferior ao relatado por Costa Netto (1997).

Na raiz do estágio “palito”, o teor de proteína foi 0,29 mg/g de massa fresca e, no caule, 0,27 mg/g de massa fresca, discordando dos valores,

respectivamente, de 50 e 45 mg/g de massa fresca, relatados por Costa Netto (1997). São valores muito discrepantes e merecem ser investigados a *posteriori*.

À medida que a planta jovem cresce, a proporção de proteínas em relação a outras moléculas é reduzida, ocorrendo também a diluição das mesmas.

Os conteúdos de proteínas totais das raízes das plântulas variaram de 0,08 mg no “ponto branco” a 0,09 mg no “palito”, o que dá um teor de 1,89 mg/g e 1,45 mg/g de massa seca, respectivamente. Já na parte aérea, os conteúdos de proteínas totais foram 0,26 mg em “palito” e 0,31 mg em “emissão foliar”, o que convertido, revela um teor de 1,7 mg/g massa seca, para ambos os estádios (Figura 10).

O conteúdo de açúcares redutores acompanhou a evolução do crescimento da planta jovem (Figura 12).

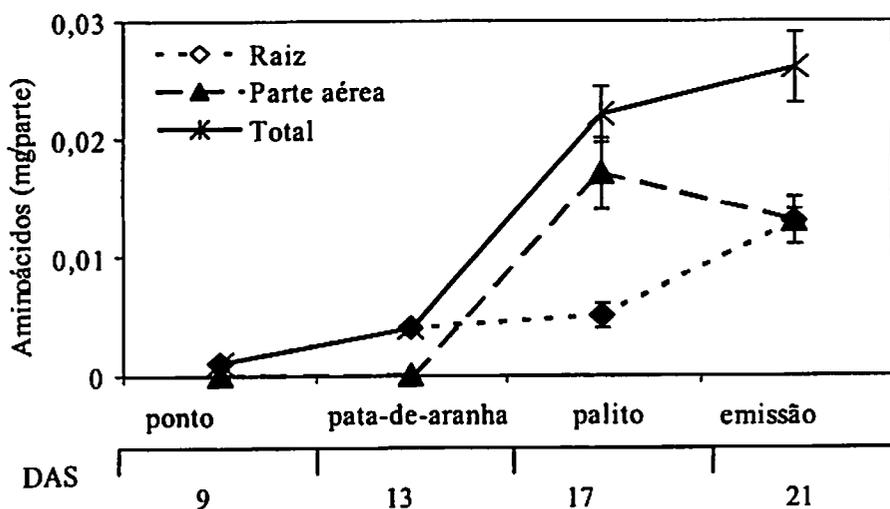


FIGURA 11 Conteúdo de aminoácidos solúveis na raiz, parte aérea e total de plantas jovens de seringueira em diferentes estádios (DAS= dias após sementeira). As barras nas colunas exibem o erro padrão da média.

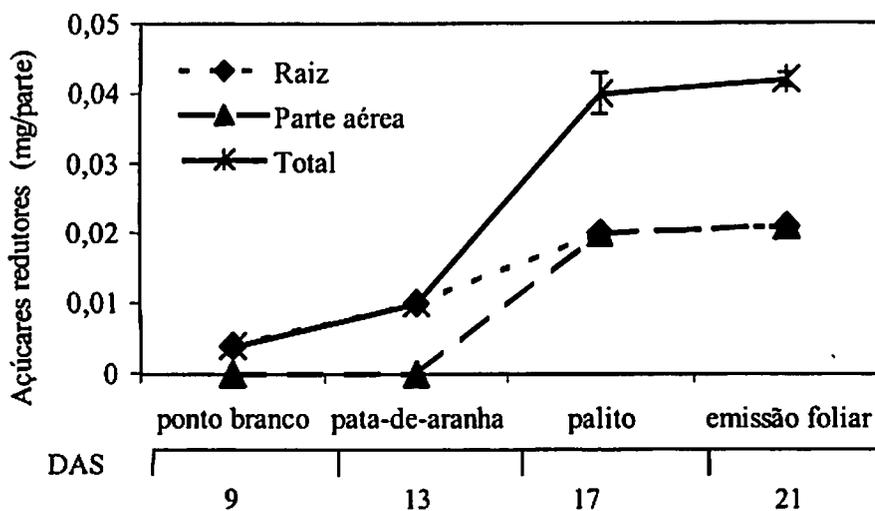


FIGURA 12 Conteúdo de açúcares redutores na parte aérea, raiz e total em plântulas de seringueira durante o crescimento inicial (DAS= dias após sementeira). As barras nas colunas exibem o erro padrão da média.

O conteúdo dos açúcares solúveis totais nas partes em crescimento é incrementado até o estágio “palito”, quando sofrem uma queda brusca na emissão foliar (Figura 13).

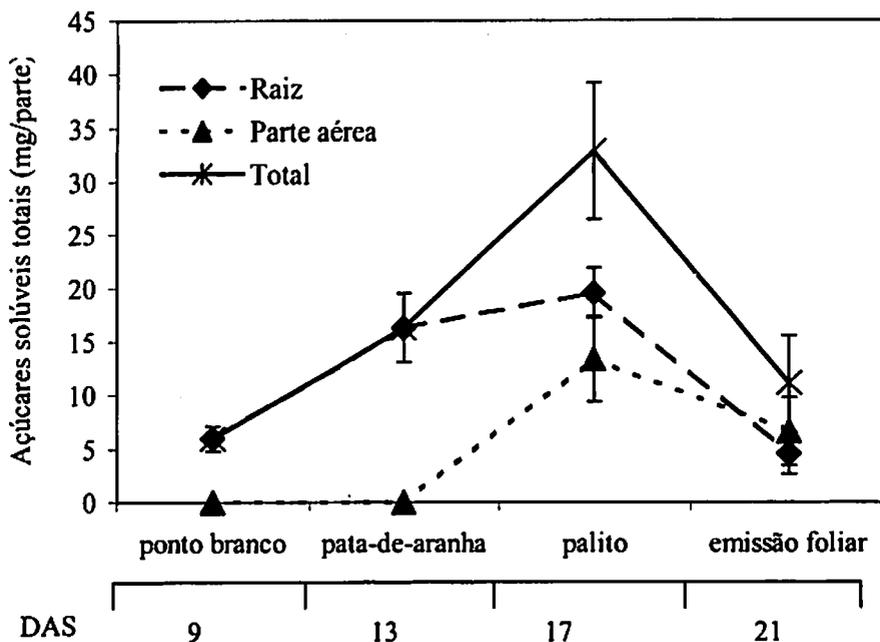


FIGURA 13 Conteúdo de açúcares solúveis totais na parte aérea, raiz e total em plântulas de seringueira durante crescimento inicial (DAS= dias após sementeira). As barras nas colunas exibem o erro padrão da média.

Neste trabalho, percebeu-se que a concentração de açúcares apresenta pico máximo na raiz de “pata-de-aranha” e, posteriormente, declina para menos de 10% na “emissão foliar”, tanto na raiz como na parte aérea (Figura 13). Em cupuaçuzeiro, as plântulas aumentam os teores de açúcares solúveis totais, bem como o de açúcares redutores, progressivamente com o crescimento (Figueirêdo et al., 2001).

Esse decréscimo final pode ser decorrente de os açúcares solúveis estarem sendo convertidos a açúcares estruturais, os quais dão sustentação física para a planta jovem. Em outras espécies, esses açúcares são rapidamente hidrolisados durante a germinação (Karunagaran & Rao, 1991).

5 CONCLUSÕES

As reservas de amido e açúcares redutores foram as principais a serem usadas até a protrusão de radícula (germinação).

As necessidades de substâncias energéticas e estruturas físicas foram supridas pelos carboidratos do endosperma e/ou do próprio eixo embrionário, uma vez que as outras reservas não sofreram alterações significativas durante a germinação.

Todas as reservas foram consumidas, embora os lipídios e as proteínas sejam as que mais contribuíram e suas concentrações correlacionaram negativamente com o crescimento da plântula.

Ocorreu síntese de amido no endosperma das sementes durante crescimento inicial.

No intervalo estudado, as plântulas ainda são muito dependentes das reservas endospermicas.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUNBIABLE, J. A.; WISEMAN, J.; COLE, D. J. A. Improving the nutritive value of Nigerian rubber kernel (*Hevea brasiliensis*) products through processing. 1. Chemical a nutritional composition. **Tropical Agriculture**, Trinidad, v. 72, n. 4, p. 308-314, 1995.
- ALGBODION, A. Effect of storage of seeds on quality of rubber seed oil. **Indian Journal of Natural Rubber Research**, Kattayam, v. 7, n. 2, p. 141-143, 1994.
- ALVES, R. M. M.; LEMOS, G. B.; BOTELHO M. N.; OLIVEIRA, L. E. M.; LIMA, D. U. Distribuição das reservas durante a germinação e desenvolvimento inicial da planta de seringueira (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.) em função da disponibilidade de nutrientes no substrato. In: Congresso Brasileiro de Fisiologia Vegetal, 5., 1995, Lavras. **Resumos...** Lavras: Edufla, 1995. p. 258.
- ASAKI, F. R. **Relação entre parte aérea e sistema radicular de *Kielmeyera coriacea***. 1988. 92 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) - Universidade de Campinas, Campinas, SP.
- BARROSO, G. M.; MORIM, M. P.; PEIXOTO, A. L.; ICHASO, C. L. F. **Frutos e sementes: morfologia aplicada à sistemática de dicotiledôneas**. Viçosa: UFV, 1999. 443 p.
- BATAGLIA, O. C.; FURLANI, A. M. C.; TEIXEIRA, J. P. F.; FURLANI, P. R.; GALLO, J. R. **Métodos de análise química de plantas**. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 1983. 48 p. (IAC. Boletim Técnico ; n. 78).
- BEWLEY, J. D.; BLACK, M. **Seeds: physiology of development and germination**. New York: Plenum Press, 1994. 445 p
- BRADFORD, M. M. A rapid and sensitive method for the quantification of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. **Analytical Biochemistry**, San Diego, v. 72, n. 1/2, p. 248-254, 1976
- BROWSE, J. A. Respiration and lipid metabolism. In: TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant Physiology**. 2. ed. Sunderland: Sinauer Associates, 1998. p. 287-310.
- CARMO, C. A. A.; GOMES, R. Formação de mudas e instalação de seringal. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 11, n. 121, p. 18-25, jan. 1985

CHIN, H. F.; AZIZ, M.; ANG, B. B.; HAMZAH, S. The effect of moisture and temperature on the ultrastructure and viability of seeds of *Hevea brasiliensis*. *Seed Science & Technology*, Zurich, v. 9, n. 2, p. 411-422, 1981.

COSTA NETTO, A. P. Efeito da presença de nitrogênio exógeno (N-NO₃ e/ou NH₄) sobre a atividade das enzimas de assimilação do amônio e remobilização de reservas durante a germinação e desenvolvimento inicial de plantas de seringueira (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.). 1997. 44 p. Dissertação (Mestrado em Fisiologia Vegetal)- Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

DESAI, B. B.; KOTECHA, P. M.; SALUNKHE, D. K. . Seed germination. In: _____. *Seeds handbook: biology, production, processing and storage*. New York: Marcel Dekker, 1997. cap. 4, p. 47-71.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Relatório técnico anual do Centro Nacional de Pesquisa de Seringueira e Dendê 1979-1980. Manaus: EMBRAPA/CNPQSD, 1981. 162 p.

FIGUEIRÊDO, F. J. C.; ROCHA NETO, O. G.; CARVALHO, C. J. R. Mobilização de reservas na emergência e desenvolvimento de plântulas de cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum* (Willd. Ex. Spreng.) Schum.). 1 - Carboidratos. *Revista Ciências Agrárias*, Belém, n. 36, n. 2, p. 101-119, jul./dez. 2001.

FIGUEIRÊDO, F. J. C.; CARVALHO, C. J. R. ; ROCHA NETO, O. G. Mobilização de reservas na emergência e desenvolvimento de plântulas de cupuaçuzeiro. (*Theobroma grandiflorum* (Willd. Ex. Spreng.) Schum.). 2 - Proteínas e aminoácidos. *Revista Ciências Agrárias*, Belém, v. 38, n. 2, p. 127-137, jul./dez. 2002.

FINNESETH, C. H.; LAYNE, D. R.; GENEVE, R. Morphological development of the North American Pawpaw during germination and seedling emergence. *HortScience*, Alexandria, v. 33 n. 5, p. 802-805, ago. 1998

GAMIEIRO, A. H. Importação e produção de borracha natural no Brasil. Período de 1992 a 2002. Piracicaba: Cepea, 2003. 10 p. Disponível em: <<http://www.cepea.esalq.usp.br>> - "Indicadores de preço" - "Borracha" - "Artigos". Acesso em: 15 mar. 2003.

GARCIA, A.; VIEIRA, R. D. Germinação, armazenamento e tratamento fungicida de sementes de seringueira (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.). **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 16, n. 2, p. 128-133, 1994.

GIORGINI, J. F.; CAMPOS, C. A. S. P. Changes in the content of soluble sugars and starch synthesis and degradation during germination and seedling growth of *Coffea arabica* L. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, São Carlos, v. 4, n. 1, p. 11-15, jan./jun. 1992.

GOLDNER, W.; BEEVERS, H. Starch synthase and starch branching from germination castor bean endosperm. **Phytochemistry**, Oxford, v. 28, n. 7, p. 1809-1812, July 1989.

GONÇALVES, P. S.; CARDOSO, M.; ORTOLANI, A. A. Origem, variabilidade e domesticação da *Hevea*: uma revisão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 25, n. 2, p. 135-156, Feb. 1990.

GRAHAM P. J.; EASTMOND, E. A. Reexamining the role of the glyoxylate cycle in oilseeds. **Trends in Plant Science**, London, v. 6, n. 2, p. 72-77, Feb. 2001.

HAWKER, J. S. Enzymes concerned with sucrose synthesis and transformation in seeds of maize, broad bean and castor bean. **Phytochemistry**, Oxford, v. 10, n. 10, p. 2313-2322, Oct. 1971.

INGLE, J.; BEEVERS, L.; HAGEMAN, R. H. Metabolic changes associated with the germination of corn I. Changes in weight and metabolites and their redistribution in the embryo axis, scutellum, and endosperm. **Plant Physiology**, Rockville, v. 39, n. 5, p. 735-740, Sept. 1964.

KARUNAGARAN, D.; RAO, P. R. Mode and control of starch mobilization during germination of seeds of horse gram. **Plant Science**, Limerick, v. 73, n. 2, p. 155-159, Dec. 1991.

LEMONS, G. B.; DELU FILHO, N.; OLIVEIRA, L. E. M.; PURCINO, A. A. C. Atividade das enzimas de assimilação do nitrogênio em plantas jovens de seringueira cultivadas com diferentes relações de nitrato e amônio. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, São Carlos, v. 11, n. 2, p. 113-118, jul./dez. 1999.

MACEDO, R. Influência da temperatura, substrato e luminosidade na germinação e avaliação da qualidade fisiológica das sementes de seringueira (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.). 1985. 77 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)- Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, MG.

MARTINS, C. A. O. Determinação da atividade da isocitrato-liase durante a germinação de sementes de soja (*Glycine Max* (L.) Merrill). 1997. 49 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

MAY, A.; GONÇALVES, P. S. Produtos complementares na exploração do seringal. *Borracha Atual*, Campinas, v. 5, n. 20, p. 17-22, 1999.

MAY, A.; GONÇALVES, P. S.; MARTINS, A. L. M. Importância do porta-enxerto na cultura da seringueira. *Borracha Atual*, Campinas, v. 5, n. 25, p. 20-26, 1999.

MESQUITA, A. C.; OLIVEIRA, L. E. M.; DELU-FILHO, N. Alterações bioquímicas em diferentes estágios germinativos de sementes de seringueira (*Hevea brasiliensis*, Muell. Arg.). Em apreciação (2003).

MILLER, G. L. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. *Analytical Biochemistry*, Washington, v. 31, n. 3, p. 426-428, 1959.

MUNTZ, K. Proteases and proteolytic cleavage of storage proteins in developing and germinating dicotyledonous seeds. *Journal of Experimental Botany*, Lancashire, v. 47, n. 298, p. 605-622, May 1996.

MUNTZ, K.; BELOZERSKY, M. A.; DUNAEVSKY, Y. E.; SCHIERETH, A.; TIEDMANN, J. Stored proteinases and the initiation of storage protein mobilization in seeds during germination and seedling growth. *Journal of Experimental Botany*, Lancashire, v. 52, n. 362, p. 1741-1752, Sept. 2001.

MUTO, S.; BEEVERS, H. Lipase activities in castor bean endosperm during germination. *Plant Physiology*, Rockville, v. 54, n. 1, p. 23-35, 1974.

NWOKOLO, E. Biochemical and nutritional qualities of rubber-seed meal. *Tropical Agriculture*. Trinidad, v. 64, n. 3, p. 170-171, July 1987.

PALMIANO, E. P.; JULIANO, B. O. Biochemical changes in the rice grain during germination. *Plant Physiology*, Rockville, v. 49, n. 5, p. 751-756, 1972.

PAULA, N. F. Alterações fisiológicas em sementes de seringueira (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.) durante o armazenamento. 1997. 52 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

PONTES, C. A.; BORGES, E. E. L.; BORGES, R. C. G.; SOARES, C. P. B. Mobilização de reservas em sementes de *Apuleia leiocarpa* (Vogel) J. F. Marcbr. (garapa) durante a embebição. *Revista Árvore*, Viçosa v. 26, n. 5, set./out. 2002.

PRITCHARD, S. L.; CHARLTON, W. L.; BAKER, A.; GRAHAN, I. A. Germination and storage reserve mobilization are regulated independently in *Arabidopsis*. *The Plant Journal*, Oxford, v. 31, n. 5, p. 639-647, Sept. 2002.

REIBACH, P. H.; BENEDICT, C. R. Biosynthesis of starch in proplastids of germinating *Ricinus communis* endosperm tissue. *Plant Physiology*, Rockville, v. 70, n. 2, p. 252-256, Feb. 1982.

SELLE, C. M.; GONZÁLEZ DE MELÍA, E.; ELIAS, L. G.; BRESSANI, R. Evaluation of chemical and nutritional characteristics of the seed of the rubber tree (*Hevea brasiliensis*). *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, Caracas, n. 33, p. 884-901, Dec. 1983.

SELMAR, D.; LIBBEREI, R.; JUNQUEIRA, N.; BIEHL, B. Changes in cyanogenic glucoside content in seeds and seedlings of *Hevea* species. *Phytochemistry*, Oxford, v. 30, n. 7, p. 2135-2140, July 1991.

SERCILOTO, C. M.; OLIVEIRA, L. E. M.; MICHELOTO, M. D.; COSTA NETTO, A. P. Influência da excisão dos pecíolos cotiledonares no desenvolvimento inicial de plântulas de seringueira (*Hevea brasiliensis* Muel. Arg.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FIOLOGIA VEGETAL, 6., 1997, Belém. *Anais...* Belém: 1997. p. 367.

SERCILOTO, C. M.; MICHELOTO, M. D.; OLIVEIRA, L. E. M.; GUERRA NETO, E. G. Avaliação da viabilidade de sementes de seringueira (*Hevea brasiliensis* Muel. Arg.) tratadas e armazenadas em diferentes condições. Em apreciação (2003).

SHEWRY, P. R. Cereal seed storage proteins In: KIGEL, J.; GALILI, G. *Seed development and germination*. New York: Marcel Dekker, 1995. p. 45-72.

SILVA, T. R. G.; CORTELAZZO, A. L.; DIETRICH, M. C. S. Variations in storage compounds during germination and early plantlet growth of *Dalbergia miscolobium*. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, São Carlos, v. 10, n. 2, p. 119-124, jul./dez. 1998.

SOUZA, L. H.; BERGAMASCHI, S. M. P.; ALVARENGA, A. A.; OLIVEIRA, L. E. M. Efeito do peso de sementes conservadas em sacos plásticos na germinação e desenvolvimento inicial da seringueira (*Hevea* spp.). In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FISILOGIA VEGETAL, 2., 1989, Piracicaba. *Anais...* Piracicaba: Edusp, 1989. p. 173.

SUDA, C. N. K.; GIORGINI, J. F. Seed reserve composition and mobilization during germination and initial seedling development of *Euphorbia heterophylla*. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, São Carlos, v. 12, n. 3, p. 226-245, set./dez. 2000.

TEIXEIRA, L. P. A seringueira. *O campo*, Rio de Janeiro, v. 3, n. 1, p. 30-32, 1982.

VIEIRA, R. D.; BERGAMASCHI, M. C. M.; MINOHARA, L. Qualidade fisiológica de sementes de seringueira (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.) tratadas com benlate durante o armazenamento. *Scientia Agrícola*, Piracicaba, v. 52, n. 1, p. 151-157, jan./abr. 1995.

VOET, D.; VOET, J. G.; PRATT, C. W. *Fundamentos de bioquímica*. Porto Alegre: E. Artes Médicas, 2000. 931 p.

WOLFF, I. A.; KWOLEK, W. F. Lipids of the *Leguminosae* In: HARBORNE, J. B.; BOULTER, D.; TURNER, B. L. *Chemotaxonomy of the Leguminosae*. London: Academic, 1971. p. 231-255.

YEMM, E. W.; COCCKING E. C. The determination of amino acid with ninhydrin. *Analyst*, London, v. 80, n. 948, p. 209-213, 1955.

YEMM, E. W.; WILLIS, A. J. The estimation of carbohydrates in plant extracts by anthrone. *The Biochemical Journal*, London, v. 57, n. 3, p. 508-514, 1954.

ANEXOS

ANEXO A

Página

QUADRO 1	Coefficiente de correlação entre reservas endospéricas, conteúdo de água e crescimento de plântulas de seringueira.....	59
----------	---	----

QUADRO 1 Coeficientes de correlação entre consumo de reservas endospermicas, conteúdo de água e crescimento de plântulas de seringueira.

	Endosperma				Massa seca			
	Amido	Lipídio	Reservas totais	Aminoácidos	Endosperma	Raiz	Parte Aérea	Eixo
Endosperma	Açúcar Redutor	0,440						
	Conteúdo de água Nitrogênio total				-0,909			
Fração protéica	Albumina			-0,737				
	Globulina			0,323				
	Prolamina			0,089				
	Glutelina			0,332				
Massa fresca	Raiz					0,985	0,948	0,981
	Parte aérea					0,999	0,999	0,991
	Eixo					0,998	0,989	0,998
Crescimento	Raiz	-1,00	-0,984		-0,979	0,987	0,927	0,969
	Parte aérea	-0,945	-0,922		-0,986	0,939	0,998	0,991
	Eixo	-0,975	-0,954		-0,996	0,967	0,987	0,996

