

NOTA CIENTÍFICA

CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE *Senna macranthera*¹

MARINA POZITANO², SANDRA CRISTINA DOS SANTOS ROCHA³

RESUMO - O desconhecimento sobre as características físicas de sementes de espécies florestais dificulta o desenvolvimento de metodologias para a sua avaliação e preservação. A *Senna macranthera* (Collad.) Irwin et Barn. é uma planta pioneira que pertence à família Leguminosae – Caesalpinioideae, conhecida popularmente como fedegoso e suas sementes possuem dormência tegumentar. Neste estudo foi realizada a caracterização física das sementes desta espécie em relação ao diâmetro médio de Sauter, esfericidade, densidade (real, aparente e bulk), porosidade da partícula, ângulo de repouso dinâmico e o peso de 1000 sementes (3,3 mm; 0,52; 1397,2 kg.m⁻³; 1371,9 kg.m⁻³; 884,4 kg.m⁻³; 1,81%; 10° e 41,05 g, respectivamente). Além disso, as sementes de *S. macranthera* foram acondicionadas em sacos de plástico e armazenadas em geladeira convencional a 5 °C durante 280 dias e, periodicamente, foram realizadas análises de germinação e umidade. Para a quebra da dormência, as sementes foram escarificadas quimicamente por imersão em ácido sulfúrico concentrado durante 20 minutos. O teste de germinação indicou que as sementes se mantiveram viáveis durante o período analisado.

Termos para indexação: fedegoso, densidade, porosidade, esfericidade, viabilidade

PHYSICAL CHARACTERIZATION AND GERMINATION OF *Senna macranthera* SEEDS

ABSTRACT - Poor knowledge of the physical traits of forest species seeds causes difficulties in developing methodologies for their assessment and preservation. *Senna macranthera* (Collad.) Irwin et Barn. is a leguminous pioneer plant that belongs to the Caesalpinioideae. It is popularly known as “fedegoso” and its seeds have tegumentary dormancy. In this study, physical characterization of fedegoso seeds was obtained by evaluating the Sauter mean diameter, sphericity, densities (real, apparent and bulk), porosity, dynamic angle of repose and weight of 1000 seeds: 3.3 mm; 0.52; 1397.2 kg.m⁻³; 1371.9 kg.m⁻³; 884.4 kg.m⁻³; 1.81%; 10° and 41.05 g, respectively. *S. macranthera* seeds were packed in plastic bags and stored in a conventional refrigerator at 5 °C for 280 days and analyzed periodically for germination and moisture content. The seeds were chemically scarified by immersion in concentrated sulphuric acid for 20 minutes to break dormancy. The germination tests showed that seeds remained viable during storage.

Index terms: fedegoso, density, porosity, sphericity, viability

¹Submetido em 30/11/2010. Aceito para publicação em 01/01/2011. Parte da Tese de Doutorado do primeiro autor.

²Eng. Agrícola, pós graduanda do Departamento de Termofluidodinâmica (DTF), Faculdade de Engenharia Química (FEQ) - Universidade Estadual

de Campinas (UNICAMP). mpozitano@gmail.com

³Eng. Química, Dra, Professora Titular, DTG, FEQ - UNICAMP, Av. Albert Einstein, 500, Cidade Universitária, Barão Geraldo, 13083-852, Campinas, SP. rocha@feq.unicamp.br

INTRODUÇÃO

Apesar do aumento de pesquisas envolvendo sementes florestais arbóreas, ainda há carência de informações em relação ao uso mais intensivo destas em práticas conservacionistas e recuperação de áreas degradadas (Silva et al., 2005).

A *Senna macranthera* (Collad.) Irwin et Barn., conhecida popularmente como fedegoso, é uma espécie arbórea pouco estudada e não há informações sobre as características físicas das sementes desta espécie. A caracterização física de sementes é imprescindível no planejamento de produção de mudas, pois fornece informações sobre a quantidade de frutos a serem colhidos e de sementes necessárias para fins de semeadura (Rebouças et al., 2008), bem como para o dimensionamento e regulação das máquinas que serão utilizadas na colheita e nas etapas de beneficiamento. Quando um equipamento é regulado de acordo com as características físicas do produto, o risco de perdas por injúrias mecânicas é menor, favorecendo maiores rendimentos.

Quanto à viabilidade, as sementes de *S. macranthera* não apresentam dificuldades de armazenamento (Davide et al., 1995). Para Ferreira et al. (2004), conhecer o período de tempo em que as sementes permanecem viáveis é uma forma de assegurar a regeneração natural das espécies.

As sementes de fedegoso apresentam dormência tegumentar, o que dificulta a absorção de água e, ou gases (Carvalho e Nakagawa, 2000), retardando o processo germinativo. Esta dormência pode ser rompida por escarificação química com a imersão das sementes em ácido sulfúrico concentrado por um período de tempo pré determinado. Para o fedegoso, alguns estudos indicam escarificação química com imersão em ácido sulfúrico concentrado por 50 minutos (Eschiapati-Ferreira e Perez, 1997) enquanto outros recomendam a imersão por 15 minutos (Santarém e Aquila, 1995). Apesar de o ácido sulfúrico ser um tratamento de quebra de dormência bastante utilizado, pouco se sabe sobre o efeito que este tratamento pode causar na estrutura física das sementes.

Em relação a outros tipos de quebra de dormência, Ferreira et al. (2004) analisaram a superação da dormência das sementes de fedegoso através da imersão em água quente a 100 °C seguido de repouso até o esfriamento por 24 horas e observaram que este tratamento não proporcionou resultados satisfatórios na superação da dormência.

De acordo com Cassaro-Silva (2001) cada espécie

germina dentro de uma faixa de temperatura e para a *S. macranthera* esta faixa está entre 9 e 39 °C.

Devido à importância da caracterização física de sementes e da ausência dessas informações para grande parte das espécies arbóreas, o objetivo deste trabalho foi realizar diversas análises para caracterizar fisicamente as sementes de *S. macranthera*. Para avaliar a viabilidade em armazenamento, as sementes foram armazenamento por 280 dias, avaliando-se periodicamente a germinação, com e sem escarificação química das mesmas.

MATERIAL E MÉTODOS

As sementes de *Senna macranthera* (Collad.) Irwin et Barn utilizadas na pesquisa foram obtidas da empresa Suçuarana Florestal, Eunápolis, Estado da Bahia, cuja colheita foi realizada no ano de 2009.

Para a caracterização física das sementes foram analisadas as seguintes características: diâmetro médio de Sauter (d_p), esfericidade (ϕ), densidades (real - ρ_{real} , aparente - ρ_{ap} e *bulk* ou volumétrica - ρ_{bulk}), porosidade da partícula (ϵ), ângulo de repouso dinâmico (α) e o peso de 1000 sementes (P_{1000}). O diâmetro médio de Sauter foi determinado por análise granulométrica com 150 g de sementes através da passagem destas em peneiras padronizadas da série Tyler com tempo de vibração de 30 minutos na máquina vibratória marca Produtest®, modelo "T", Brasil. O cálculo do diâmetro foi obtido utilizando a definição de Sauter (Equação 1) apresentada por Pereira et al. (2009), onde Δx representa a fração de massa retida sobre cada peneira e D_n o diâmetro médio de abertura das peneiras superior e inferior.

$$\bar{d}_p = \frac{1}{\sum \frac{\Delta x}{D_n}} \quad (1)$$

Para a esfericidade, foram utilizadas imagens fotográficas de cinco subamostras de sementes, sendo cada uma composta por cinco partículas selecionadas ao acaso. Estas imagens foram transferidas para o programa computacional *Sigmascan Pro 4.0* (Image Analysis Software versão 4.01.003, Copyright© 1987-1997 SPSS Inc.), que através da Equação 2, realiza o mapeamento da esfericidade, ou fator de forma:

$$\phi = \frac{4\pi \cdot \text{Área}}{(\text{Perímetro})^2} \quad (2)$$

A densidade real (razão entre a massa de partículas e o volume ocupado pela estrutura do sólido, excluindo os poros) foi determinada por picnometria a gás Hélio, utilizando-se o equipamento Accupyc 1330, da marca Micromeritics®, USA, enquanto que a análise de

porosimetria de mercúrio com o equipamento Autopore II, marca Micromeritics®, USA, forneceu a densidade aparente das partículas (razão entre a massa de partículas e o volume total da partícula, incluindo o volume que os poros ocupam).

A definição da densidade *bulk* ou volumétrica é dada pela relação entre a massa de partículas necessária para preencher um recipiente de volume conhecido. Para esta análise, foram realizadas 10 repetições utilizando como volume conhecido uma proveta de 250 mL.

Para a determinação da porosidade da partícula, usou-se a Equação 3 apresentada por Takeuchi et al. (2005), em que foram utilizados os valores de densidade aparente

obtidos no porosímetro de mercúrio e a densidade real fornecida pelo picnômetro a gás Hélio:

$$\varepsilon = \left(1 - \frac{\rho_{ap}}{\rho_{real}}\right) 100\% \quad (3)$$

O ângulo de repouso dinâmico é referente ao movimento superficial do produto como se estivesse em uma mesa inclinada ou tambor rotativo (Wouters e Geldart, 1996; Jong et al., 1999) e sua medida caracteriza a escoabilidade do material. Seu valor foi obtido pelo método do tambor rotatório a partir da média entre 10 repetições do ângulo de inclinação formado ao primeiro deslizamento da camada de partícula conforme mostrado na Figura 1.

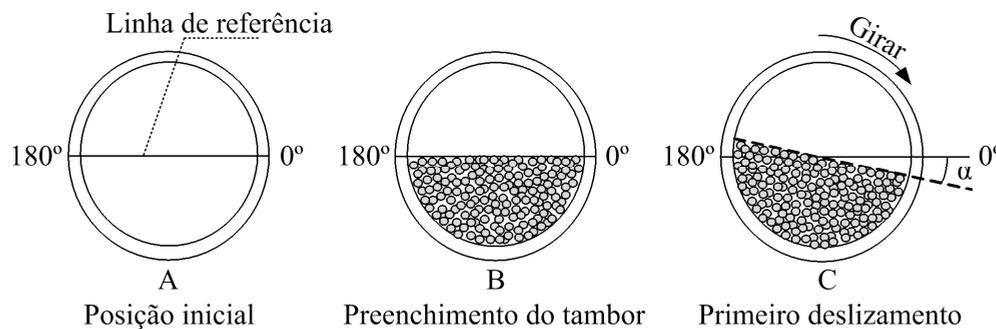


FIGURA 1. Esquema do tambor rotativo para determinação do ângulo de repouso dinâmico de sementes de *Senna macranthera* (fedegoso).

Com base nas Regras para Análise de Sementes (Brasil, 2009) o peso de mil sementes foi obtido com oito subamostras de 100 sementes puras, com o uso de balança analítica com precisão de 0,0001 g.

Como a maioria das análises de caracterização física das sementes varia em função do teor de água contido na partícula, foi determinado o grau de umidade das sementes através do método de estufa a 105 °C (Brasil, 2009).

Para complementar a caracterização física, foram geradas imagens no microscópio eletrônico de varredura (MEV) modelo Leo 440i, com detector de energia dispersiva de Raios-X (EDX) modelo 6070, ambos da marca LEO Electron Microscopy®/Oxford, Inglaterra.

As sementes foram armazenadas na temperatura de 5 °C por 280 dias em sacos de plástico de 0,006 cm de espessura, lacrados em termossoldadora (marca Babi®, Indústria Mecânica Ltda). A cada período de aproximadamente 40 dias, foram realizados testes de

germinação e umidade. A germinação foi realizada em câmaras (marca Fanen®, modelo 348EB, São Paulo, Brasil), regulada para 20 °C e fotoperíodo de 8 h, com quatro subamostras de 50 sementes puras semeadas em rolo de papel, umedecidos com 2,5 vezes em massa de quantidade de água destilada, e as contagens foram realizadas no 3°, 9° e 18° dias após a semeadura, tendo como critério de germinação a protrusão da radícula (Labouriau, 1983).

As análises de germinação foram realizadas com as sementes submetidas ou não à escarificação para superar a dormência. A escarificação foi realizada quimicamente por imersão das sementes em ácido sulfúrico concentrado por 20 min, seguido de lavagem em água corrente por 1 h. Após os 280 dias de armazenamento, os dados de germinação foram analisados estatisticamente pelo programa computacional *Statgraphics Plus 4.1*, versão profissional, onde as médias foram comparadas pelo teste de Tukey com 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados para a caracterização física das sementes de fedegoso estão representados na Tabela 1.

TABELA 1. Características físicas de sementes não escarificadas de *Senna macranthera* (fedegoso) com grau de umidade igual a 8,7%.

Característica (unidade)	Símbolo	Valor
Diâmetro médio de Sauter (mm)	d_p	3,3
Esfericidade	ϕ	$0,52 \pm 0,1$
Densidade real (kg.m^{-3})	ρ_{real}	$1397,2 \pm 0,7$
Densidade aparente (kg.m^{-3})	ρ_{ap}	1371,9
Densidade volumétrica (kg.m^{-3})	ρ_{bulk}	$884,4 \pm 0,8$
Ângulo de repouso dinâmico ($^\circ$)	α	$10 \pm 0,7$
Porosidade (%)	ϵ	$1,81 \pm 0,1$
Peso de mil sementes (g)	P_{1000}	$41,055 \pm 0,1$

Foi verificado que as densidades real e aparente apresentaram valores muito próximos, o que resultou em uma porosidade de 1,81%. O baixo valor da porosidade é mais um indício da baixa permeabilidade do tegumento resultando na dormência das sementes desta espécie.

O valor do diâmetro médio de Sauter foi de 3,3 mm; porém, foi observada uma variação do diâmetro das sementes na faixa de 2,2 mm até 4,8 mm.

A esfericidade ou fator de forma define o quão circular é a partícula sendo que para um círculo perfeito, a esfericidade equivale ao valor 1. Para as sementes de *S. macranthera* o fator de forma obtido foi de 0,52 indicando que as sementes possuem formato semelhante a um círculo não-perfeito, como mostra a imagem da Figura 2.

Para a densidade volumétrica, a massa de sementes necessária para preencher a proveta de 250 mL foi em média igual a 0,221 kg, o que resultou em um valor de densidade *bulk* igual a 884,4 kg.m^{-3} . Com o intuito de comparar o valor da densidade volumétrica obtida com a densidade volumétrica de uma espécie mais conhecida, a mesma análise foi realizada com sementes de feijão, sendo

encontrada nesse caso uma densidade *bulk* de 756,5 kg.m^{-3} para um grau de umidade de 15%. Deste modo, verificou-se que a massa de feijão necessária para preencher a mesma proveta (0,189 kg) foi inferior à massa de sementes de *S. macranthera* (0,221 kg) e, portanto, a densidade volumétrica das sementes de fedegoso foi superior à das sementes de feijão.

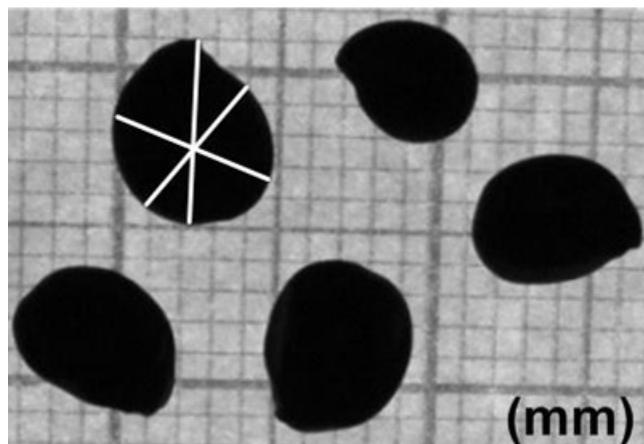


FIGURA 2. Exemplo de uma das imagens analisadas pelo programa computacional Sigmascan Pro 4.0 para a determinação do fator de forma das sementes de *Senna macranthera* (fedegoso).

De acordo com Jong et al. (1999), existe uma classificação das partículas segundo sua escoabilidade, que é inversamente proporcional ao ângulo de repouso, ou seja, quanto maior for o ângulo de repouso de uma partícula, pior será a sua escoabilidade. Para as sementes de fedegoso foi obtido um ângulo de repouso de 10° , o que classifica essas sementes como um material de excelente fluidez. O ângulo de repouso também pode ser relacionado à esfericidade; quanto maior for o ângulo de repouso de uma partícula, maior será a sua esfericidade (Medeiros et al., 2001). Um exemplo desta relação pode ser verificado no estudo de Donida et al. (2005), que obtiveram para uma esfera de vidro arredondada de diâmetro igual a 2,87 mm, um ângulo de repouso igual a 33° e uma esfericidade de 0,865.

O peso de mil sementes (P_{1000}) é uma característica bastante influenciada pelo teor de água. Para as sementes de fedegoso com umidade de 8,70%, foi obtido um valor de P_{1000} igual a 24,387 sementes.g⁻¹. Ferreira et al. (2004) também determinaram o P_{1000} para sementes de *S. macranthera*, mas com teor de umidade de 7,75% e o resultado obtido foi de 21,595 sementes.g⁻¹. Comparando

os dois valores verifica-se que o P_{1000} é diretamente proporcional à umidade.

As imagens geradas no MEV (Microscópio de Varredura Eletrônico) foram tomadas em relação à

superfície e ao corte radial da semente. Na Figura 3, a letra A representa as imagens da superfície em diferentes ampliações e a letra B mostra as imagens do corte radial no qual é possível observar a face interna da semente.

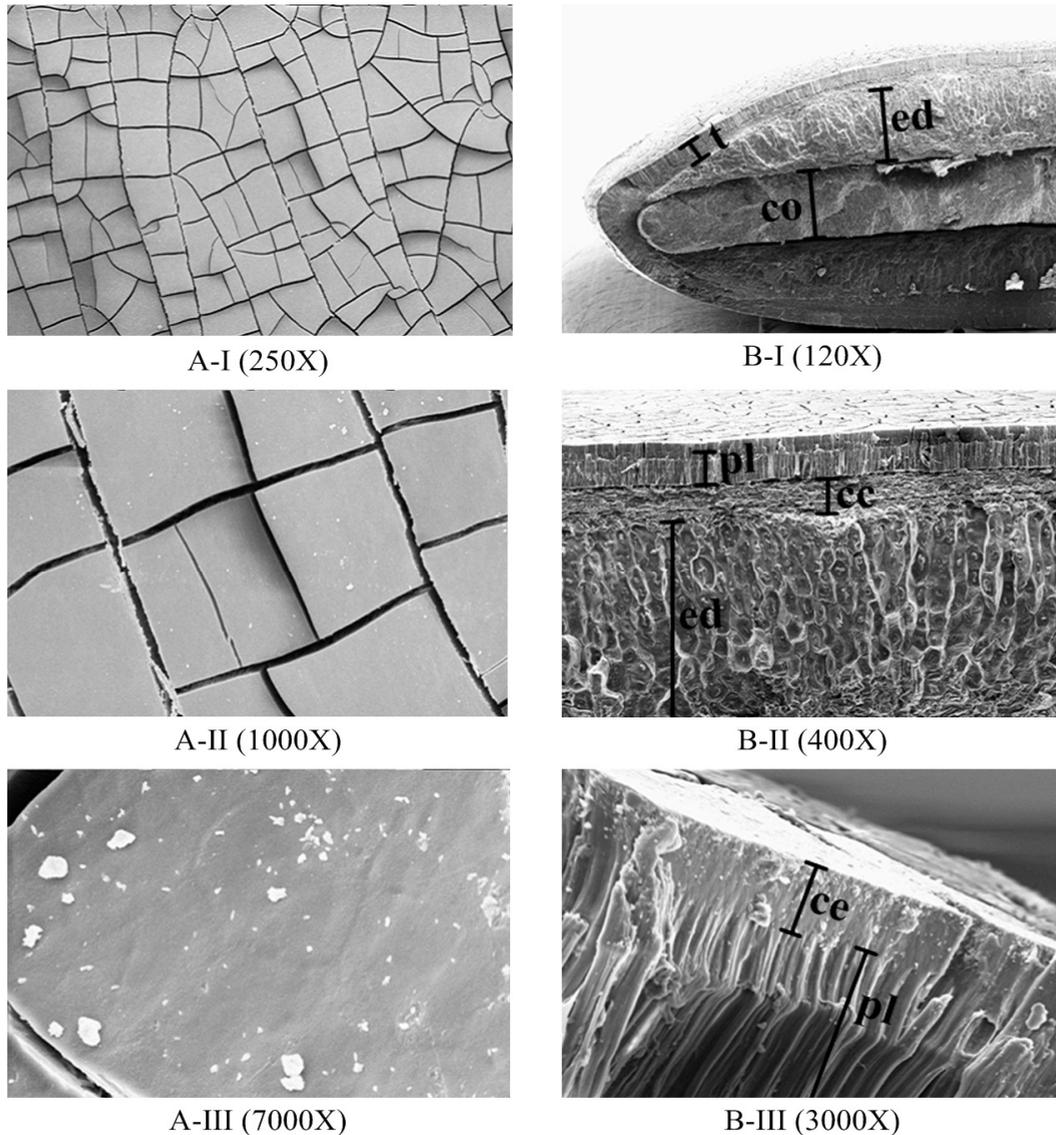


FIGURA 3. Imagens obtidas do microscópio eletrônico de varredura (MEV) em diferentes níveis de ampliação para as sementes de *Senna macranthera* (fedegoso). A Letra A representa as imagens da superfície e a letra B as imagens do corte radial (t - testa; ed - endosperma; co - cotilédone; ce - camada de cera; pl - parede lignificada; cc - células compactadas).

Baseado nas imagens capturadas pelo MEV verificou-se que as sementes de *S. macranthera* possuem uma superfície composta por linhas de fraturas que podem ser vistas em A-I e A-II e, a camada de cera, ou

cutícula presente na superfície, é do tipo ornamentação pontuada, bastante visível na imagem A-III. A imagem B-I representa a visão geral do corte radial onde se distinguem a testa, o endosperma e o cotilédone. Em

B-II verifica-se que o endosperma é uma parede espessa que também pode ser chamada de carboidrato de parede. Ainda nesta imagem, é possível distinguir uma camada de células compactadas e ampliando a testa em 3000 vezes (B-III), fica evidente a presença de uma camada de células com parede lignificada.

Durante o período de armazenamento de 280 dias, não ocorreu alteração significativa na umidade das sementes sendo que a média do grau de umidade para o período mencionado foi de $9,3\% \pm 0,3$. No entanto, foram verificadas algumas diferenças significativas nos valores de porcentagens de germinação tanto para as sementes submetidas quanto para aquelas não submetidas ao tratamento pré-germinativo em ácido sulfúrico. Porém, estas diferenças significativas ocorridas na germinação das sementes escarificadas e não escarificadas foram baixas indicando que a espécie em estudo manteve boa viabilidade durante o período de armazenamento pesquisado (Tabela 2).

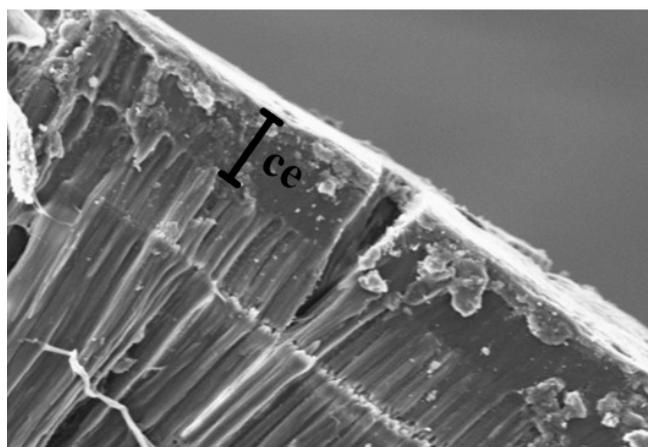
TABELA 2. Porcentagem de germinação de sementes de *Senna macranthera* (fedegoso), não escarificadas e escarificadas com ácido sulfúrico concentrado por 20 min., durante o armazenamento.

Tempo (dias)	Germinação (%)	
	Não escarificadas	Escarificadas
0	8,5 ab	94,5 a
30	12,5 bc	92,0 abc
70	6,0 a	90,5 abc
100	11,5 bc	89,5 abc
140	7,5 a	88,5 bcd
170	15,0 c	92,0 abc
210	8,0 ab	83,5 d
240	12,0 bc	94,0 ab
280	15,0 c	87,5 cd

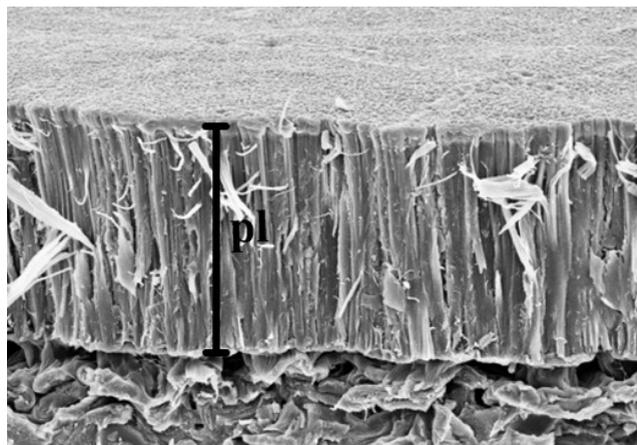
Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

O efeito da dormência tegumentar presente nesta espécie ficou evidente ao verificar que os valores de germinação para as sementes não escarificadas foram bastante inferiores aos valores de germinação obtidos com as sementes escarificadas. A imagem da Figura 4 mostra a

camada de cera presente nas sementes não escarificadas e o efeito da escarificação química na superfície da semente. Foi observado que decorrido o tempo de 20 min. de imersão em ácido sulfúrico concentrado, toda a camada de cera foi removida, expondo as células com parede lignificada, o que permitiu à semente absorver água favorecendo a germinação.



In Natura (3000X)



Escarificada (3000X)

FIGURA 4. Imagens obtidas do microscópio eletrônico de varredura (MEV) mostrando o efeito da imersão química em ácido sulfúrico por 20 min para remoção da camada de cera das sementes de *S. macranthera* (ce - camada de cera; pl - parede lignificada).

CONCLUSÕES

A baixa porosidade das sementes de *Senna macranthera* (fedegoso) reforça a existência da dormência tegumentar

por impermeabilidade superficial das sementes.

As sementes de fedegoso apresentam excelente fluidez, têm diâmetro médio de 3,3 mm e fisicamente se assemelham a um círculo não-perfeito de formato achatado.

A semente de *S. macranthera* possui superfície formada por linhas de fraturas com ornamentação tipo pontuada e 20 minutos de imersão em ácido sulfúrico concentrado são suficientes para a remoção da cera contida na testa das sementes.

Após 280 dias de armazenamento em sacos de plástico na temperatura de 5 °C, o lote de sementes analisado manteve alta porcentagem de germinação.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília, DF: Mapa/ACS, 2009. 395p. <http://www.bs.cca.ufsc.br/publicacoes/regras%20analise%20sementes.pdf>
- CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4.ed. Jaboticabal: FUNEP, 2000, 588p.
- CASSARO-SILVA, M. Efeito da temperatura na germinação de sementes de manduira (*Senna macranthera* (Collad.) Irwin et Barn. - CAESALPINIACEAE). **Revista Brasileira de Sementes**, v.23, n.1, p.92-99, 2001. <http://www.abrates.org.br/revista/artigos/2001/v23n1/artigo13.pdf>
- DAVIDE, A.C.; FARIA, J.M.R.; BOTELHO, S.A. **Propagação de espécies florestais**. Belo Horizonte: CEMIG; Lavras: UFLA, 1995. 41p.
- DONIDA, M.W.; ROCHA, S.C.S.; BARTHOLOMEU, F. Influence of Polymeric Suspension Characteristics on the Particle Coating in a Spouted Bed. **Drying Technology**, v.23, n.9, p.1811-1823, 2005. <http://dx.doi.org/10.1080/07373930500209905>
- ESCHIAPATI-FERREIRA, M.S.; PEREZ, S.C.J.G.A. Tratamentos para superar a dormência de sementes de *Senna macranthera* (collad.) Irwin Et. Barn. (Fabaceae-Caesalpinioideae). **Revista Brasileira de Sementes**, v.19, n.2, p.230-236, 1997. <http://www.abrates.org.br/revista/artigos/1997/v19n2/artigo15.pdf>
- FERREIRA, R.A.; DAVIDE, A.C.; MOTTA, M.S. Vigor e viabilidade de sementes de *Senna multijuga* (Rich.) Irwin et Barn. e *Senna macranthera* (Collad.) Irwin et Barn., num banco de sementes em solo de viveiro. **Revista Brasileira de Sementes**, v.26, n.1, p.24-31, 2004. http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-31222004000100004&lng=en&nrm=iso
- JONG, J.A.H.; HOFFMANN, A.C.; FINKERS, H.J. Properly determine powder flowability to maximize plant output. **Chemical Engineering Progress**, v.95, n.4, p.25-34, 1999. http://findarticles.com/p/articles/mi_qa5350/is_199904/ai_n21442372/?tag=content:coll
- LABOURIAU, L.G. **A germinação das sementes**. OEA. Washington. 1983. 174p.
- MEDEIROS, M.F.D.; ALSINA, O.L.S.; ROCHA, S.C.; JERÔNIMO, C.E.M.; MATA, A.L.M.L.; MEDEIROS, U.K.L.; FURTUNATO, A.A. Escoabilidade de leitos de partículas inertes com polpa de frutas tropicais. Efeitos na secagem em leito de jorro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.5, n.3, p.475-480, 2001. <http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v5n3/v5n3a18.pdf>
- PEREIRA, V.R.; COSTA, S.S.; ROCHA, S.C.S. Análise do crescimento da celulose microcristalina granulada em leito vibrofluidizado. CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUÍMICA EM INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 8., 2009, Uberlândia/MG, **Anais...** Campus de Santa Mônica: UFU, 2009. <http://www.cobeqic2009.feq.ufu.br/uploads/media/101617401.pdf>
- REBOUÇAS, E.R.; GENTIL, D.F.O.; FERREIRA, S.A.N. Caracterização física de frutos e sementes de goiaba da Costa-Rica, produzidos em Manaus, Amazonas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.30, n.2, p.546-548, 2008. <http://www.scielo.br/pdf/rbf/v30n2/a48v30n2.pdf>
- SANTARÉM, E.R.; AQUILA, M.E.A. Influência de métodos de superação de dormência e do armazenamento na germinação de sementes de *Senna macranthera* (colladon) Irwin & Barney (leguminosae). **Revista Brasileira de Sementes**, v.17, n.2, p.205-209, 1995. <http://www.abrates.org.br/revista/artigos/1995/v17n2/artigo14.pdf>
- SILVA, L.M.M.; AGUIAR, I.B.; MORAIS, D.L.; VIÉGAS, R.A. Estresse hídrico e condicionamento osmótico na qualidade fisiológica de sementes de faveleira *Cnidocolus juercifolius*. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.9, n.1, p.66-72, 2005. http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662005000100010&lng=pt&nrm=iso

TAKEUCHI, K.P.; SABADINI, E.; CUNHA, R.L. Análise das propriedades mecânicas de cereais matinais com diferentes fontes de amido durante o processo de absorção de leite. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.25, n.1, p.78-85, 2005. <http://www.scielo.br/pdf/cta/v25n1/a12v25n1.pdf>

WOUTERS, I.M.F.; GELDART, D. Characterising semi-cohesive powders using angle of repose. **Particle & Particle Systems Characterization**, v.13, n.4, p.254-259, 1996. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ppsc.19960130408/abstract>