

Artigos

Avaliação da qualidade de sementes de erva-mate (*Ilex paraguariensis* A.St.-Hil.) oriundas de diferentes plantas matrizes

Evaluation of the quality of seeds of yerba mate (*Ilex paraguariensis* A.St.-Hil.) from different mother-plants

Mara Cíntia Winhelmann^I
Leo Jaime de Vargas^{II}
Julia Gastmann^{II}
Ana Paula Jaeger^{II}
Elisete Maria de Freitas^{II}
Claudimar Sidnei Fior^I

^IUniversidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil

^{II}Universidade do Vale do Taquari, Lajeado, RS, Brasil

RESUMO

Mudas de erva-mate com qualidade genética e fisiológica, altos índices de sobrevivência no plantio e resistência a estresses ambientais são necessários para a implantação e estabelecimento de ervais produtivos que irão fornecer matéria-prima de qualidade. No entanto, a produção de mudas, na maioria dos casos, é realizada a partir de sementes, as quais são coletadas de plantas matrizes com poucos critérios de seleção. Nesse sentido, o trabalho teve como objetivo investigar a qualidade das sementes de erva-mate após pré-limpeza por flutuação de diferentes plantas matrizes, por meio da obtenção de informações sobre a caracterização biométrica (medida longitudinal e transversal), teor de água, peso de mil sementes, avaliação da integridade das sementes e viabilidade por meio do teste de tetrazólio. As sementes foram coletadas de 10 plantas matrizes localizadas em três municípios da região ervateira Alto Vale do Taquari – RS, Brasil. Na avaliação da integridade foram contabilizadas a quantidade de sementes não íntegras (vazias e deterioradas) e íntegras (com e sem embrião visível). E no teste de tetrazólio foi avaliada a porcentagem de sementes viáveis e não viáveis. As sementes das diferentes plantas matrizes apresentaram diferenças estatísticas para todas as variáveis analisadas. As análises mostraram que há diferenças relacionadas à biometria e teor de água e, conseqüentemente, no peso de mil sementes. A erva-mate apresenta percentual variado de sementes vazias e deterioradas. A porcentagem de sementes não viáveis é alta, o que reduz significativamente a viabilidade de um lote de sementes.

Palavras-chave: Biometria; Peso de mil sementes; Teste de tetrazólio; Viabilidade de sementes

ABSTRACT

Yerba mate seedlings with genetic and physiological quality, high rates of sowing survival and resistance to environmental stresses are necessary for the implantation and establishment of productive plants that will provide quality raw material. However, the production of seedlings, in most cases is carried out from seeds, which are collected from mother-plants with few selection criteria. In this sense, the work aimed to investigate the quality of the seeds of yerba mate after processing by flotation from different mother-plants, by obtaining information about the biometric characterization (longitudinal and transversal measure), water content, a thousand-seed weight, evaluation of the seed integrity and viability through the tetrazolium test. The seeds were collected from 10 mother-plants located in three cities in the yerba-mate region Alto Vale do Taquari – RS state, Brazil. In the integrity assessment, the number of not full (empty and deteriorated) and full (with and without visible embryo) seeds was counted. In the tetrazolium test, the percentage of viable and non-viable seeds was evaluated. The seeds of the different parent plants showed statistical differences for all the variables analyzed. The analysis showed that there are differences related to biometric parameters and water content and, consequently, in the weight of a thousand seeds. Yerba mate shows a varied percentage of empty and deteriorated seeds. The percentage of non-viable seeds is high, which significantly reduces the viability of the seed lot.

Keywords: Biometry; Thousand seed weight; Tetrazolium test; Seeds viability

1 INTRODUÇÃO

Ilex paraguariensis A.St.-Hil. (Aquifoliaceae), conhecida por erva-mate, tem ocorrência registrada no Brasil nos estados da Bahia ao Rio Grande do Sul, na região nordeste da Argentina e em grande parte do Paraguai (SOBRAL *et al.*, 2013). É uma espécie arbórea dióica, apresenta flores pistiladas e estaminadas em plantas diferentes e polinização realizada predominantemente por insetos (FERREIRA *et al.*, 1983; PIRES *et al.*, 2014). A floração ocorre nos meses de setembro a dezembro e a maturação dos frutos é muito heterogênea, ocorrendo de dezembro a abril, apresentando, inicialmente, coloração verde, posteriormente vermelha e finalizando com violeta-escuro (ZANON, 1988). Os frutos geralmente contêm quatro pirênios que constituem as unidades de dispersão da espécie e são denominados popularmente de sementes. São formados por endocarpo lenhoso e semente, esta última constituída por tegumento, endosperma e embrião (HEUSER; FERREIRA; MARIATH, 1993).

A principal forma de consumo da erva-mate dá-se a partir das folhas desidratadas e trituradas, utilizadas para o preparo do chimarrão ou tererê, porém a espécie tem potencial para fornecer matéria-prima para a produção de refrigerantes, doces, cosméticos e medicamentos (OLIVEIRA; WAQUIL, 2015). Seu cultivo comercial, de importância econômica, social, ambiental e cultural (WENDLING; SANTIN, 2015) é praticado na região sul do Brasil, por agricultores familiares (CHECHI; SCHULTZ, 2016).

Para o sucesso dos cultivos, no que se refere à produção, são necessárias mudas de padrão genético e fisiológico com altos índices de sobrevivência no plantio, bem como resistência a estresses ambientais. No entanto, a produção de mudas de erva-mate, em grande parte, é realizada a partir de sementes (WENDLING; SANTIN, 2015) coletadas em ervais nativos ou implantados, porém com critérios subjetivos de seleção, o que implica em altas taxas de mortalidade, desenvolvimento heterogêneo e baixa qualidade da massa foliar produzida (STURION; RESENDE, 2010).

A falta de critérios para a seleção das plantas matrizes tem efeitos negativos na qualidade da erva-mate comercial, implicando na geração de um produto industrializado com baixo valor agregado e de difícil comercialização (WENDLING, 2004). Nesse sentido, a seleção de matrizes com maior potencial para a produção de mudas de qualidade passa pela análise das suas sementes, pois, para grande parte das espécies cultivadas, há uma relação íntima entre as características morfológicas e fisiológicas dos diásporos com a conservação, a viabilidade e o vigor, repercutindo diretamente no desempenho das mudas no viveiro e, posteriormente, na constituição do erval.

Dessa forma, testes como pureza física, umidade, danos mecânicos, peso, tamanho, germinação e vigor são utilizados para determinar atributos de qualidade física e fisiológica de sementes (BARBEDO; SANTOS-JUNIOR, 2018). E, no caso de espécies com germinação lenta, acima de 60 dias (BRASIL, 2009), e ainda desuniforme (de 100 a 360 dias), como é o caso da erva-mate (CUQUEL; CARVALHO; CHAMMA, 1994), é recomendado o teste de tetrazólio (BRASIL, 2009), que é um método rápido,

utilizado para estimar a viabilidade e o vigor de sementes, e que está fundamentado na modificação da coloração dos tecidos vivos, principalmente a atividade das enzimas desidrogenases que estão diretamente relacionadas com a viabilidade das sementes, já os tecidos mortos ou deteriorados apresentam pouca ou nenhuma coloração (MARCOS-FILHO, 2015).

Nesse sentido, Souza *et al.* (2020a) avaliaram sementes de *I. paraguariensis* oriundas de diferentes locais e verificaram que há diferenças entre os lotes, notadamente em relação à quantidade de sementes vazias e deterioradas, o que afeta diretamente a porcentagem de sementes viáveis. Essas condições interferem na taxa de germinação, visto que a maioria dos trabalhos atribui a baixa porcentagem de germinação à dormência morfofisiológica (NIKLAS, 1987; CUQUEL; CARVALHO; CHAMMA, 1994; MEDEIROS, 1998; WENDLING, 2004; GALÍNDEZ *et al.*, 2018). De modo geral, os viveiristas realizam uma pré-limpeza nas sementes antes de submetê-las a estratificação. Inicialmente maceram os frutos e a massa obtida é submersa em um recipiente com água. Nessa etapa, descartam o sobrenadante (ZANON, 1988; WENDLING; SANTIN, 2015). No entanto, ainda faltam estudos que investiguem a qualidade das sementes utilizadas pelos viveiristas após este beneficiamento.

Diante disso, este trabalho teve como objetivo investigar a qualidade de sementes de erva-mate após pré-limpeza por flutuação de diferentes plantas matrizes, por meio da obtenção de dados biométricos (medidas longitudinais e transversais); teor de água; peso de mil sementes; avaliação da integridade das sementes, considerando não íntegras (sementes vazias ou deterioradas) e íntegras (com e sem embrião visível); e viabilidade por meio do teste de tetrazólio.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Embora a unidade de dispersão da espécie seja um pirênio, o termo semente será utilizado ao longo do trabalho, representando a unidade de germinação, constituído

por endocarpo e semente. Para a realização do estudo foram utilizadas sementes de erva-mate provenientes de três municípios (Tabela 1), localizados no Vale do Taquari, Rio Grande do Sul, Brasil. As árvores estão localizadas a uma distância mínima de cinco metros e máxima de trinta quilômetros. Frutos dispersos naturalmente (abscisados) foram coletados sobre lonas plásticas dispostas no solo (Figura 1A), sob a copa das plantas matrizes, em toda a sua projeção, anteriormente ao início da maturação dos frutos. As plantas matrizes foram identificadas com o código MA + número ordinal, seguindo a ordem da coleta (Tabela 2).

Tabela 1 – Locais de coleta de sementes de erva-mate (*Ilex paraguariensis* A.St.-Hil.), em municípios do Alto Vale do Taquari, Rio Grande do Sul, Brasil

	Nº matrizes	Altitude (m)	Precipitação média (mm/ano)	Temperatura média (°C)
Arvorezinha	3	732	1704	16,9
Ilópolis	6	695	1689	17,1
Putinga	1	450	1531	18,2

Fonte: Climate-data.org (2020)

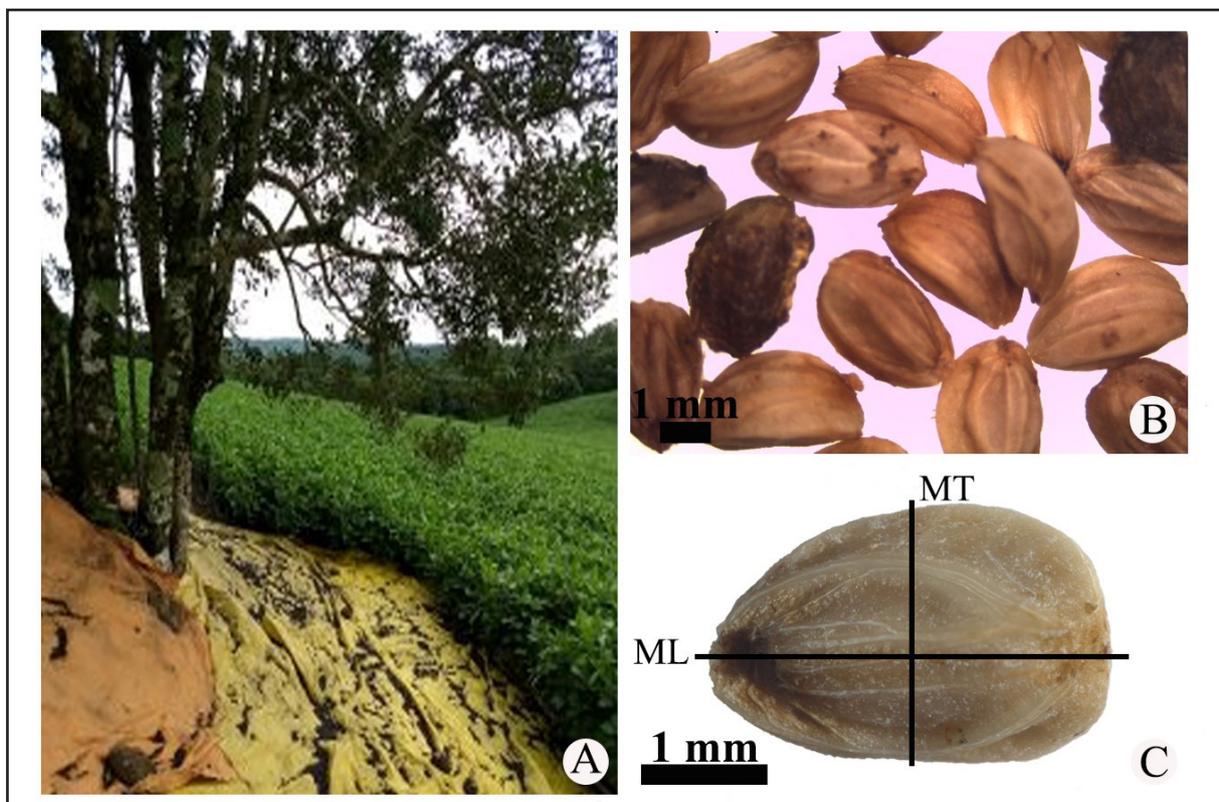
Tabela 2 – Plantas matrizes de erva-mate (*Ilex paraguariensis* A.St.-Hil.), com o respectivo código, município de coleta, ambiente em que está inserida, coordenadas e data de coleta

Matriz	Código	Município	Ambiente	Coordenadas	Coleta
Matriz 1	MA1	Ilópolis	mata nativa	28° 53' 25" S 52° 08' 46" W	24/01/2018
Matriz 2	MA2	Ilópolis	mata nativa	28° 53' 25" S 52° 08' 46" W	24/01/2018
Matriz 3	MA3	Ilópolis	mata nativa	28° 53' 25" S 52° 08' 46" W	25/01/2018
Matriz 4	MA4	Ilópolis	mata nativa	28° 53' 25" S 52° 08' 46" W	25/01/2018
Matriz 5	MA5	Ilópolis	mata nativa	28° 53' 25" S 52° 08' 46" W	25/01/2018
Matriz 6	MA6	Arvorezinha	lavoura soja	28° 50' 56" S 52° 14' 14" W	26/01/2018
Matriz 7	MA7	Arvorezinha	mata nativa	28° 50' 56" S 52° 14' 14" W	25/01/2018
Matriz 8	MA8	Arvorezinha	lavoura soja	28° 50' 56" S 52° 14' 14" W	25/01/2018
Matriz 9	MA9	Ilópolis	erval	28° 55' 04" S 52° 08' 56" W	26/01/2018
Matriz 11	MA11	Putinga	mata nativa	28° 57' 10" S 52° 10' 33" W	07/02/2018

Fonte: Autores (2021)

Após coletados, os frutos foram levados ao laboratório, onde foi realizada a retirada de folhas e ramos. Posteriormente, foram macerados e lavados em peneira sob água corrente. A massa constituída de sementes e polpa macerada foi submersa em um recipiente com água e descartadas as sementes sobrenadantes (ZANON, 1988; WENDLING; SANTIN, 2015). Nessa etapa, foram descartadas aproximadamente 10% das sementes. Em seguida, as sementes permaneceram secando sobre papel toalha em bancada de laboratório durante três dias (Figura 1B), depois foram acondicionadas em vidros do tipo *snap cap* com tampa plástica, cuja capacidade é de 100 mL, devidamente identificados (número da planta matriz) e armazenados em câmara fria sob temperatura constante de $5\pm 2^{\circ}\text{C}$ até o início das análises.

Figura 1 – A) Frutos maduros; B) pirênios e C) identificação da medida longitudinal (ML) e transversal (MT) na biometria de sementes de erva-mate (*Ilex paraguariensis* A.St.-Hil.)



Fonte: Autores (2018)

Posteriormente, as sementes de cada matriz foram utilizadas para realizar as seguintes análises:

– Caracterização biométrica: com auxílio de paquímetro digital (0,01 mm), as sementes foram medidas no sentido longitudinal (ML) e transversal (MT) (mm) (Figura 1C). Para cada planta matriz foram utilizadas quatro repetições de 25 sementes, retiradas ao acaso de cada vidro.

– Teor de água (TA): foi determinado pelo método da diferença percentual de massa após secagem em estufa a $105\pm 5^{\circ}\text{C}$, por 24 horas (BRASIL, 2009). Para cada planta matriz, foram utilizadas três amostras de aproximadamente 0,5 g.

– Peso de mil sementes (PMS): foram pesadas, em balança analítica (0,0001g) conforme a metodologia descrita nas regras de Análises de Sementes (RAS) (BRASIL, 2009), oito amostras de 100 sementes para cada matriz, e calculado de acordo com a seguinte Equação (1):

$$\text{Peso de mil sementes (PMS)}(g) = \frac{\text{peso da amostra (g)} \times 1000}{n^{\circ} \text{ total de sementes}} \quad (1)$$

O valor final do PMS foi corrigido considerando, para isso, o teor de água médio das sementes (6,9%) para todas as amostras, e o resultado foi expresso em gramas. Uma vez que as sementes das diferentes matrizes apresentam diferentes teores de água, esse ajuste foi realizado para que se pudesse saber qual é a diferença de matéria seca.

– Avaliação da integridade das sementes de erva-mate: foram utilizadas quatro repetições de 25 sementes para cada matriz. Inicialmente, as sementes foram imersas em água ultrapurificada a 30°C por 24 horas para facilitar o corte (CATAPAN, 1998). Em seguida, foi realizado o corte longitudinal com o auxílio de pinça e bisturi. As sementes foram analisadas visualmente com auxílio de microscópio estereoscópico Leica EZ4 HD, com aumento de 20 a 30 vezes. Nessa avaliação, as sementes foram classificadas em (a) não íntegras, compostas por sementes vazias, caracterizadas pela ausência de embrião e de endosperma (Figura 2A) ou por conter menos de 50% dos tecidos (Figura

2B) (BARBEDO; SANTOS-JÚNIOR, 2018); (b) deterioradas, caracterizadas pela presença de endosperma e embrião necrosados (Figura 2C) ou com tecido gelatinoso (Figura 2D); e (c) íntegras quando apresentaram embrião visível (Figura 2E) ou não (Figura 2F).

– Determinação de viabilidade pela análise com sal de tetrazólio: as sementes classificadas como íntegras na avaliação anterior, que apresentaram endosperma firme e sem nenhum dano ou alteração de cor, com e sem embrião visível, foram submetidas à solução de 0,1% de tetrazólio por 24 horas a 35°C (CATAPAN, 1998). Em seguida, foi realizada a tríplice lavagem das sementes com água ultrapurificada, e, posteriormente, sucedeu-se a avaliação visual das sementes para determinar a viabilidade. As sementes foram avaliadas no que se refere à reação à solução, sendo consideradas viáveis as que apresentaram endosperma firme e colorido, com embrião visível, sem danos e com consistência firme (Figura 2G). Todas as sementes que não apresentaram essas características foram classificadas como não viáveis (BRASIL, 2009).

Figura 2 – Sementes de erva-mate (*Ilex paraguariensis* A.St.-Hil.) classificadas como não íntegras



Fonte: Autores (2018)

Em que: A) vazia somente com o endocarpo; B) vazia contendo menos de 50% dos tecidos; C) deteriorada com tecidos necrosados; D) deteriorada com tecido gelatinoso; e íntegras: E) endosperma de consistência firme com embrião visível; F) endosperma de consistência firme sem embrião visível e G) viável com endosperma firme e colorido, com embrião visível, sem danos e com consistência firme; Em = embrião; End = endocarpo; En = endosperma.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado. Os dados de biometria (medida longitudinal e transversal), teor de água, PMS, porcentagem de sementes íntegras e não íntegras, porcentagem de sementes viáveis e não viáveis foram submetidos à análise de variância (ANOVA), após as médias foram comparadas pelo teste de LSD-Fisher a 5% de probabilidade de erro, pelos programas estatísticos Costat 6.45 (COHORT SOFTWARE, 2017) e InfoStat 5.13.1 (DI RIENZO *et al.*, 2008). Os dados de porcentagem de sementes vazias, com embrião visível e viáveis, foram transformados para $\sqrt{(x + 10)}$, sendo os resultados apresentados em seus valores originais.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise estatística mostrou que a matriz MA4 apresentou o maior valor para a medida longitudinal (ML), porém sem diferenças com a MA11, que por sua vez não diferiu da MA3. Para a medida transversal (MT), as matrizes MA11 e MA8 apresentaram os maiores valores. A matriz MA1 apresentou os menores valores para as duas variáveis. O teor de água médio das sementes foi de 6,9%, e a matriz MA5 apresentou o maior TA. As matrizes MA6 e MA8 tiveram o maior peso de mil sementes (PMS) e a matriz MA4 o menor PMS (Tabela 3).

A caracterização biométrica das sementes é realizada através da mensuração do tamanho das sementes, o qual está relacionado com a multiplicação celular do eixo embrionário e tecido de reserva, como, por exemplo, cotilédones e endosperma. Geralmente, sementes mais nutridas durante a formação apresentam maior tamanho, o que implica em maior quantidade de reservas e, conseqüentemente, em maior vigor (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012). Já o PMS é utilizado para calcular o número de sementes por embalagem e a densidade de semeadura (BRASIL, 2009) e pode ser utilizado como indicativo de qualidade, já que sementes vazias e malformadas, quando comparadas às bem formadas, apresentam menor peso (BARBEDO; SANTOS-JUNIOR, 2018).

Tabela 3 – Medida longitudinal (mm), medida transversal (mm), teor de água (%) e peso de mil sementes (g) de erva-mate (*Ilex paraguariensis* A.St.-Hil.) (média ± erro padrão), oriundas de diferentes plantas matrizes, Rio Grande do Sul, Brasil

Matriz	ML (mm)	MT (mm)	TA (%)	PMS (g)
Matriz 1	2,96 ± 0,07 h	1,95 ± 0,07 f	6,3 ± 0,08 d	5,9470 ± 0,08 d
Matriz 2	3,30 ± 0,06 g	2,09 ± 0,04 e	6,3 ± 0,37 d	6,0090 ± 0,37 cd
Matriz 3	3,87 ± 0,05 b	2,23 ± 0,04 c	7,0 ± 0,17 c	6,5156 ± 0,20 c
Matriz 4	3,99 ± 0,05 a	2,16 ± 0,04 d	7,8 ± 0,03 b	5,0415 ± 0,02 e
Matriz 5	3,46 ± 0,05 e	2,29 ± 0,03 b	10,4 ± 0,13 a	4,2805 ± 0,07 f
Matriz 6	3,79 ± 0,05 c	2,32 ± 0,03 b	5,7 ± 0,04 e	8,7051 ± 0,10 a
Matriz 7	3,36 ± 0,05 fg	2,20 ± 0,03 cd	6,1 ± 0,11 de	6,2249 ± 0,15 cd
Matriz 8	3,55 ± 0,04 d	2,43 ± 0,03 a	5,7 ± 0,17 e	8,9174 ± 0,33 a
Matriz 9	3,43 ± 0,04 ef	2,33 ± 0,03 b	6,8 ± 0,02 c	7,3426 ± 0,03 b
Matriz 11	3,93 ± 0,05 ab	2,40 ± 0,04 a	7,2 ± 0,13 c	7,8580 ± 0,15 b
Média	3,56	2,24	6,9	6,6842
CV (%)	7,58	9,29	3,94	4,85
p-valor	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001

Fonte: Autores (2021)

Em que: ML = medida longitudinal; MT = medida transversal; TA = teor de água; PMS = peso mil sementes; CV = coeficiente de variação; *Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste LSD-Fisher a 5% de probabilidade de erro.

Em determinadas espécies, diferentes condições ambientais durante o período de desenvolvimento das sementes podem ocasionar variações de tamanho, forma e cor. Contudo, o tamanho das sementes está relacionado à massa, cujas alterações estão relacionadas com a influência de vários fatores, principalmente ambientais. Luz, temperatura e disponibilidade de nutrientes são fatores que influenciam a planta mãe durante a formação e o desenvolvimento das sementes (BASKIN; BASKIN, 2014). As plantas matrizes, referidas neste estudo, estão localizadas em diferentes ambientes e expostas a condições distintas, o que pode ter contribuído para as diferenças observadas em relação ao tamanho das sementes. Mesmo as árvores localizadas próximas, com distância aproximada de cinco metros, como as matrizes MA3, MA4 e MA5, apresentaram diferenças com relação à biometria, TA e PMS, evidenciando a importância de fatores genéticos que podem estar contribuindo para a variabilidade observada.

Com relação ao teor de água (TA), os resultados observados neste estudo (Tabela 3) coincidem com os valores observados para a espécie. Os valores mínimos descritos na literatura são de até 5,9% de teor de água, por essa razão, as sementes de erva-mate são classificadas como ortodoxas (MEDEIROS; SILVA, 2001). Souza *et al.* (2020b), analisando quatro lotes de sementes de erva-mate, oriundos dos estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul, verificaram teor de água entre 6,9 e 12,5% e Mireski *et al.* (2019) observaram 10,7% de TA no lote analisado. Já no estudo de seis diferentes espécies de *Ilex*, oriundas da região subtropical da Argentina, foi observada variação entre 7,1 e 14,1% de teor de água. Dentre as seis espécies, *I. paraguariensis* apresentou teor de água médio de $10,6 \pm 0,7\%$ (GALÍNDEZ *et al.*, 2018), enquanto no presente trabalho o teor médio foi de 6,9%, com teores mínimos de 5,7% e máximos de 10,4% (Tabela 3), evidenciando que o teor de água é variável entre diferentes lotes.

O teor de água interfere diretamente no peso das sementes, porém variações ocorrem dependendo das condições do local de coleta e do grau de maturação das sementes (MARCOS-FILHO, 2015). O teor de água das sementes, juntamente com a temperatura de armazenamento, são os dois fatores mais importantes dentre vários que podem influenciar na longevidade das sementes durante o armazenamento (BEWLEY *et al.*, 2013). Sementes tolerantes à dessecação e que apresentam teor de água inferior a 10% tendem a aumentar as chances de suportarem o armazenamento por um longo período de tempo, permanecendo viáveis (BARBEDO; SANTOS-JUNIOR, 2018).

A análise estatística para a avaliação da integridade das sementes (Tabela 4) apresentou diferenças significativas para a maioria das variáveis analisadas. Para a porcentagem de sementes vazias, a matriz MA11 apresentou o maior valor (10%), já a matriz MA8 não teve nenhuma semente vazia (Tabela 4). A presença de sementes vazias na cultura da erva-mate foi relatada por diversos autores (NIKLAS, 1987; ZANON, 1988; CATAPAN, 1998; SOUZA *et al.*, 2020a), sendo, também, observada em outras espécies do gênero *Ilex*. Em *I. aquifolium* L. foi verificada a presença de 23,3% de sementes vazias, as quais foram removidas do lote por flutuação (ARRIETA; SUÁREZ, 2004).

Tabela 4 – Avaliação da integridade de sementes de erva-mate (*Ilex paraguariensis* A. St.-Hil.): não íntegras – vazias (%) e deterioradas (%) e íntegras - com embrião visível (%) e sem embrião visível (%); e viabilidade pelo teste de tetrazólio - viáveis (%) e não viáveis (%) (média ± erro padrão) oriundas de diferentes plantas matrizes, Rio Grande do Sul, Brasil

Matriz	Não íntegras		Íntegras		Viabilidade	
	% Vazias	% Deterioradas	% Embrião visível	% Embrião não visível	% Viáveis	% Não viáveis
Matriz 1	2 ± 1,2 ab	48 ± 2,8 d	17 ± 2,5 ns	33 ± 3,4 b	30,1 ± 4,0 abc	69,9 ± 4,0 abc
Matriz 2	2 ± 1,2 ab	48 ± 2,8 d	17 ± 2,5	33 ± 3,4 b	30,1 ± 3,4 abc	69,9 ± 3,4 abc
Matriz 3	7 ± 1,0 cd	37 ± 1,9 c	16 ± 1,6	40 ± 2,8 bc	28,8 ± 3,3 abc	71,2 ± 3,3 abc
Matriz 4	2 ± 1,2 ab	48 ± 2,8 d	17 ± 2,5	33 ± 3,4 b	30,1 ± 4,0 abc	69,9 ± 4,0 abc
Matriz 5	2 ± 1,2 ab	62 ± 1,2 e	18 ± 2,0	18 ± 3,5 a	36,4 ± 5,8 a	63,6 ± 5,8 a
Matriz 6	2 ± 1,2 ab	22 ± 3,5 b	19 ± 5,5	57 ± 4,1 d	23,3 ± 5,6 bc	76,7 ± 5,6 bc
Matriz 7	5 ± 1,9 bc	31 ± 3,5 bc	25 ± 2,5	39 ± 3,0 bc	7,9 ± 3,1 d	92,1 ± 3,1 d
Matriz 8	0 a	23 ± 3,5 b	33 ± 2,5	44 ± 4,3 c	35,1 ± 1,0 ab	64,9 ± 1,0 ab
Matriz 9	7 ± 1,9 cd	11 ± 2,5 a	26 ± 3,5	56 ± 2,8 d	19,5 ± 1,8 cd	80,5 ± 1,8 cd
Matriz 11	10 ± 1,2 d	35 ± 6,6 c	20 ± 7,5	35 ± 3,0 bc	20,5 ± 7,7 cd	79,5 ± 7,7cd
Média	3,9	36,5	20,8	38,8	26,2	73,8
CV (%)	9,2	17,6	12,2	17,6	12,9	12
p-valor	<0,0001	<0,0001	0,05	<0,0001	0,0032	0,0032

Fonte: Autores (2021)

Em que: CV = coeficiente de variação; *Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste LSD-Fisher a 5% de probabilidade de erro.

A técnica da flutuação é indicada para a remoção de impurezas através do descarte de sementes sobrenadantes (WENDLING; SANTIN, 2015), muito difundida entre os viveiristas. Na avaliação de sementes de erva-mate, Niklas (1987) verificou que todas as sementes que flutuavam estavam vazias. Neste trabalho, durante

o processo de limpeza das sementes, aproximadamente 10% do sobrenadante foi descartado. A análise das sementes desse descarte confirmou que elas estavam vazias ou predadas. Como essas sementes apresentam menor peso específico flutuando em água, podem ser facilmente retiradas, auxiliando o beneficiamento. Essa metodologia é sugerida por diversos autores justamente para reduzir a quantidade de sementes vazias e predadas de um lote (ZANON, 1988; WENDLING; SANTIN, 2015). Porém, neste trabalho, pode-se verificar que, para algumas matrizes, mesmo depois do descarte do sobrenadante, ainda permanecem sementes vazias (Tabela 4). Contudo, para a matriz MA8 não foi verificada a presença de nenhuma semente vazia. Dessa forma, outros métodos de limpeza podem ser explorados para esta espécie a fim de buscar uma forma de padronização e redução, de forma significativa, da quantidade de sementes vazias de um lote e, conseqüentemente, aumentar a sua viabilidade.

O percentual médio de sementes deterioradas, considerando todas as matrizes, foi de 36,5%. Já para cada matriz individual, MA5 apresentou o maior percentual (62%), seguida pelas matrizes MA1, MA2 e MA4 com 48%. Já a matriz MA9 apresentou a menor porcentagem (11%) entre as matrizes. Souza *et al.* (2020a) também verificaram diferenças na porcentagem de sementes deterioradas oriundas de diferentes plantas matrizes, com variações entre 3,5% e 57,7%, confirmando que essa variável depende de fatores ambientais, intrínsecos do local de coleta, e de fatores genéticos, inerentes da planta matriz. Diversos fatores podem contribuir para a quantidade de sementes deterioradas num lote, porém é muito difícil identificar o momento da morte das sementes, pois é um processo complexo (MARCOS-FILHO, 2015). A maioria dos estudos que tentam esclarecer essa questão usam espécies anuais, sendo escassas as informações sobre sementes florestais nativas. Mudanças bioquímicas, como, por exemplo, a diminuição da síntese de DNA, modificações na atividade respiratória e redução ou perda de permeabilidade seletiva das membranas celulares são algumas das causas de deterioração de sementes (MARCOS-FILHO, 2015).

Além do exposto, o endosperma das sementes de erva-mate é constituído de proteínas e lipídeos (HEUSER; FERREIRA; MARIATH, 1993). Condições ambientais adversas, como a elevação da temperatura e da umidade relativa do ar podem causar desnaturação proteica, ocasionando inativação e perda da função biológica (MARCOS-FILHO, 2015), aumentando a deterioração e diminuindo a porcentagem de sementes viáveis. Outro fator que pode contribuir para o elevado percentual de sementes deterioradas tem relação com o longo período de maturação dos frutos de erva-mate (de dezembro a abril) (ZANON, 1988). Graças a essa maturação heterogênea, os frutos que amadurecem primeiro ficam mais tempo expostos às condições adversas de mudança de temperatura e umidade, o que pode estar contribuindo para a presença de sementes deterioradas. Com relação à quantidade de sementes íntegras, é importante ressaltar que o número de sementes com embrião não visualizado para todas as matrizes foi superior ao de sementes com embrião visível, com exceção da MA5 que apresentou o mesmo valor para ambos (18%) (Tabela 4). A presença de sementes sem embrião visível na cultura da erva-mate é citada na literatura, sendo contabilizadas, por alguns autores, como viáveis (CATAPAN, 1998; MEDEIROS; SILVA, 2001), porém, neste trabalho, as sementes sem embrião visível foram consideradas como não viáveis, seguindo a metodologia proposta por Brasil (2009).

Com relação à viabilidade pelo teste de tetrazólio, na Tabela 4, observa-se a porcentagem de sementes viáveis e não viáveis sobre o total de sementes íntegras avaliadas, desconsiderando a porcentagem de sementes vazias e deterioradas. Pode-se verificar que as matrizes diferiram estatisticamente (Tabela 4). Para a porcentagem de sementes viáveis, a matriz MA5 apresentou o maior valor (36,4%), seguida da matriz MA8 (35,1%). Já a matriz MA7 apresentou a maior porcentagem de sementes não viáveis (92,1%), seguida pelas matrizes MA9 e MA11 que apresentaram 80,5% e 79,5%, respectivamente.

Analisando a porcentagem de sementes viáveis para as diferentes matrizes (Tabela 4), observa-se a média geral de 26,2%, o que justifica a baixa porcentagem de germinação da espécie, quando considerado o número de sementes germinadas em relação às semeadas; muitos trabalhos mencionam porcentagem de germinação próxima de 20% (CUQUEL; CARVALHO; CHAMMA, 1994; SCHAPARINI; VIECELLI, 2011; GALÍNDEZ *et al.*, 2018; SOUZA *et al.*, 2020a). Galíndez *et al.* (2018) verificaram que a viabilidade das sementes de erva-mate é de 40% através do teste de tetrazólio; esses autores também descartaram as sementes que flutuavam (< 20%). Mireski *et al.* (2019) verificaram que após 150 dias de germinação apenas 1% das sementes germinaram e passados 210 dias observaram 8% de germinação. Sendo que após 210 dias realizaram o teste de tetrazólio e verificaram que 30% das sementes apresentavam embriões viáveis, sendo assim, concluíram que essas sementes estavam dormentes.

A deterioração das sementes é um processo irreversível e gradativo que se inicia após a maturidade fisiológica sendo que diversos fatores podem contribuir para que esse processo ocorra mais rapidamente (MARCOS-FILHO, 2015). De modo geral, as sementes de espécies nativas apresentam baixas porcentagens de germinação, principalmente devido a fatores como, por exemplo, a má formação, predação por insetos e ataque de fungos (BARBEDO; SANTOS-JUNIOR, 2018). Dessa forma, é muito importante conhecer as características das sementes da espécie com a qual se está trabalhando, o que tornam indispensáveis os estudos de caracterização e qualidade das sementes. Esses estudos servem de subsídios a viveiristas, extensionistas, pesquisadores e demais interessados que trabalham com a cultura da erva-mate, podendo auxiliar na compreensão da baixa porcentagem de germinação das sementes da espécie e no desenvolvimento de técnicas de beneficiamento a fim de melhorar a qualidade dos lotes.

4 CONCLUSÃO

As sementes oriundas de diferentes plantas matrizes avaliadas neste trabalho, mesmo após a pré-limpeza por flutuação, apresentam diferenças relacionadas ao tamanho e grau de umidade e, conseqüentemente, no peso de mil sementes. A erva-mate apresenta percentual variado de sementes vazias e deterioradas. A porcentagem de sementes não viáveis é alta, o que reduz significativamente a viabilidade de um lote de sementes.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), Secretaria do Desenvolvimento Econômico, Ciência e Tecnologia do Governo do Estado do Rio Grande do SUL (SDECT) pelo auxílio financeiro. Aos viveiristas, pela disponibilização das sementes de erva-mate.

REFERÊNCIAS

- ARRIETA, S.; SUÁREZ, F. Germination and seed bank depletion of holly (*Ilex aquifolium* L.) in four microhabitat types. **Seed Science Research**, Cambridge, v. 14, n. 3, p. 305-313, 2004.
- BARBEDO, C. J.; SANTOS-JUNIOR, N. A. dos. **Sementes do Brasil: produção e tecnologia para espécies da flora brasileira**. São Paulo: Instituto de Botânica, 2018. 208 p.
- BASKIN, C. C.; BASKIN, J. M. **Seeds: ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination**. 2nd. ed. San Diego: Elsevier, 2014. 1586 p.
- BEWLEY, J. D. *et al.* **Seeds: physiology of development, germination and dormancy**. 3rd ed. New York: Springer, 2013. 392 p.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília: MAPA; ACS, 2009. 399 p.
- CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 5. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2012. 590 p.
- CATAPAN, M. I. S. **Influência da temperatura, substrato e luz na germinação de sementes de *Ilex paraguariensis* St. Hil.** 1998. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1998.

CHECHI, L. A.; SCHULTZ, G. A Produção de erva-mate: um estudo da dinâmica produtiva nos estados do Sul do Brasil. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 13, n. 23, p. 16-26, 2016.

CLIMATE-DATA.ORG. **Dados climáticos para cidades mundiais**. Oedheim, 2020. Disponível em: <http://bit.ly/2EGIkV2>. Acesso em: 24 abr. 2021.

COHORT SOFTWARE. **CoStat**. Pacific Grove, 2017. Disponível em: <http://www.cohort.com>. Acesso em: 24 abr. 2021.

CUQUEL, F. L.; CARVALHO, M. L. M. de; CHAMMA, H. M. C. P. Avaliação de métodos de estratificação para a quebra de dormência de sementes de erva-mate. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 51, n. 3, p. 415-421, 1994.

DI RIENZO, J. A. *et al.* **InfoStat, versión 2008**. Grupo InfoStat, FCA. Córdoba: Universidad Nacional de Córdoba, 2008.

FERREIRA, A. G. *et al.* Proporção de sexo e polinização em *Ilex paraguariensis* St. Hill. **Brasil Florestal**, Brasília, n. 53, p. 29-33, 1983.

GALÍNDEZ, G. C. D. *et al.* Three levels of simple morphophysiological dormancy in seeds of *Ilex* (Aquifoliaceae) species from Argentina. **Seed Science Research**, Cambridge, v. 28, n. 2, p. 131-139, 2018.

HEUSER, E. D.; FERREIRA, A. G.; MARIATH, J. E. de A. *Ilex paraguariensis* (Aquifoliaceae) Endosperma e embrião durante a embriogênese tardia. **Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica**, La Plata, v. 29, n. 1/2, p. 39-48, 1993.

MARCOS-FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. 2. ed. Londrina, PR: ABRATES, 2015. 660 p.

MEDEIROS, A. C. de S. **Dormência em Sementes de Erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hill.)**. Colombo, PR: Embrapa; CNPF, 1998. 25 p. (Documentos, 36).

MEDEIROS, A. C. de S.; SILVA, L. C. da. Efeitos da secagem na viabilidade das sementes de *Ilex paraguariensis* St. Hill. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 42, p. 35-46, 2001.

MIRESKI, M. C. *et al.* Secagem na viabilidade e desenvolvimento embrionário de sementes de *Ilex paraguariensis*. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 29, n. 3, p. 1354-1362, 2019.

NIKLAS, C. O. Estudios embriologicos y citologicos en la yerba mate *Ilex paraguariensis* (Aquifoliaceae). **Bonplandia**, Corrientes, v. 6, n. 1, p. 45-56, 1987.

OLIVEIRA, S. V. de; WAQUIL, P. D. Dinâmica de produção e comercialização da erva-mate no Rio Grande do Sul, Brasil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 45, n. 4, p. 750-756, 2015.

PIRES, E. Z. *et al.* Biologia reprodutiva de erva-mate (*Ilex paraguariensis* A. St. Hill.) em remanescente de Floresta Ombrófila Mista Altomontana. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v. 13, n. 2, p. 171-180, 2014.

SCHAPARINI, P. S.; VIECELLI, C. A. Superação de dormência de sementes de erva mate. **Cultivando o Saber**, Cascavel, v. 4, n. 4, p. 163-170, 2011.

SOBRAL, M. *et al.* **Flora arbórea e arborescente do Rio Grande do Sul, Brasil**. São Carlos: Rima, 2013. 362 p.

SOUZA, A. C. *et al.* Causes of low seed quality in *Ilex paraguariensis* A. St. Hil. samples (Aquifoliaceae). **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 27, n. 4, e20170960, 2020a.

SOUZA, G. F. *et al.* Detection methods of fungi in *Ilex paraguariensis* seeds. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 27, n. 3, e20170983, 2020b.

STURION, J. A.; RESENDE, M. D. V. de. **Melhoramento genético da erva-mate**. Colombo, PR: Embrapa Florestas, 2010. 274 p.

WENDLING, I. **Propagação vegetativa de erva-mate (*Ilex paraguariensis* Saint Hilaire): estado da arte e tendências futuras**. Colombo, PR: Embrapa Florestas, 2004. 46 p. (Documentos, 91).

WENDLING, I.; SANTIN, D. **Propagação e nutrição de erva-mate**. Brasília, DF: Embrapa, 2015. 195 p.

ZANON, A. **Produção de sementes de erva-mate**. Curitiba, PR: EMBRAPA; CNPF, 1988. 8 p. (Circular Técnica, 16).

Contribuição de Autoria

1 – Mara Cíntia Winhelmann

Engenheira Agrônoma, Ma., Doutoranda em Fitotecnia

<https://orcid.org/0000-0003-3431-9442> • marawinhelmann@gmail.com

Contribuição: Conceituação, Curadoria de dados, Análise Formal, Investigação, Metodologia, Visualização de dados (tabela), Escrita – primeira redação, Escrita – revisão e edição

2 – Leo Jaime de Vargas

Biólogo

<https://orcid.org/0000-0001-7764-5008> • leo.vargas@universo.univates.br

Contribuição: Curadoria de dados, Investigação, Metodologia

3 – Julia Gastmann

Licenciada em Biologia, Mestranda em Biotecnologia

<https://orcid.org/0000-0003-3941-9493> • julia.gastmann@universo.univates.br

Contribuição: Curadoria de dados, Investigação, Metodologia

4 – Ana Paula Jaeger

Licenciada em Biologia

<https://orcid.org/0000-0002-9292-1557> • ana.jaeger@universo.univates.br

Contribuição: Curadoria de dados, Investigação, Metodolog

5 – Elisete Maria de Freitas

Bióloga, Dra., Professora

<https://orcid.org/0000-0002-9292-1557> • elicauf@univates.br

Contribuição: Obtenção de financiamento, Administração do projeto, Recursos, Supervisão, Escrita – revisão e edição

6 – Claudimar Sidnei Fior

Engenheiro Agrônomo, Dr., Professor

<https://orcid.org/0000-0001-9893-081X> • csfior@ufrgs.br

Contribuição: Conceituação, Administração do projeto, Metodologia, Supervisão, Visualização de dados (tabela), Escrita – revisão e edição

Como citar este artigo

Winhelmann, M. C.; Vargas, L. J.; Gastmann, J.; Jaeger, A. P.; Freitas, E. M.; Fior, C. S. Avaliação da qualidade de sementes de erva-mate (*Ilex paraguariensis* A.St.-Hil.) oriundas de diferentes plantas matrizes. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 32, n. 1, p. 247-265, 2022. DOI 10.5902/1980509848110. Disponível em: <https://doi.org/10.5902/1980509848110>.