

ACERCA DA UTILIZAÇÃO DO MÉTODO CIENTÍFICO NAS PESQUISAS COM SEMENTES FLORESTAIS: O ENVELHECIMENTO ACELERADO EM SEMENTES DE IPÊ-ROXO, UM MODELO DESCRITIVO

¹Edmir Vicente Lamarca, ²Claudio José Barbedo

¹ Universidade Ibirapuera

Av. Interlagos, 1329 - São Paulo – SP

²Instituto de Botânica, Núcleo de Pesquisa em Sementes

edmirvicente18@gmail.com

Resumo

É de grande importância enaltecer o método científico, principalmente nas pesquisas com sementes florestais. Aqui, o teste de envelhecimento acelerado (EA) é utilizado como ferramenta de análise do estudo experimental, procurando adequá-lo à avaliação da qualidade fisiológica de sementes de ipê-roxo (*Handroanthus heptaphyllus*); utiliza-se, para sua aferição, a comparação com outros testes de vigor para avaliação dessas sementes. Após este estudo, realizou-se uma relação descritiva entre o teste EA e o método científico. Verificamos que o período de 72 horas de EA é o período adequado para as sementes de ipê-roxo e a primeira contagem e o tempo médio de germinação são os testes de vigor mais indicados para avaliação do processo de deterioração e da qualidade fisiológica dessas sementes. Verificamos que o teste de EA em sementes de ipê-roxo mostra-se como um interessante modelo para descrever o método científico, permitindo relacionar as fases do método científico com as etapas de execução do trabalho experimental.

Palavras-chaves: *Handroanthus heptaphyllus*, qualidade fisiológica, metodologia científica, testes de vigor.

Abstract

The importance of scientific method must always be emphasized, mainly for forestry seeds. Here, the accelerated aging test (AA) is used as an analysis tool of the experimental study, looking at adapt it to evaluate the physiological quality of *Handroanthus heptaphyllus* seeds; it is compared to vigor tests for the evaluation of these seeds. After this study, we described the relationship between AA and the scientific method. We found that the 72 hours of AA is the appropriate period for these seeds as well as the first count and the average germination time are the most appropriate methods to evaluate the vigor, the deterioration process, and the physiological quality of these seeds. We found that the AA test showed up an interesting model to describe the scientific method, allowing to relate the stages of the scientific method with the steps for the implementation of experimental work.

Keywords: *Handroanthus heptaphyllus*, physiological quality, scientific method, vigor tests.

1. Introdução

“Somente o amor de uma criança pela natureza irá transformar a vida no planeta Terra”

Vicente Lamarca, 2011 (in memoriam).

As pesquisas com sementes florestais no Brasil tiveram um avanço significativo a partir da década de 80, com a criação de Comitê Técnico de Sementes Florestais, com a realização de simpósios, reuniões técnicas e congressos e com as publicações de livros e artigos sobre sementes florestais. Isso permitiu a reunião de pesquisadores de várias regiões do país, agregando informações atualizadas em relação às sementes florestais e possibilitando um profícuo intercâmbio de conhecimento e estabelecimento de prioridades na pesquisa dessa área (PIÑA-RODRIGUES et al., 2015).

Neste trabalho pretendemos ressaltar a importância do procedimento científico nas pesquisas com sementes florestais, enaltecendo uma técnica que fora construída com o desenvolvimento de pesquisas científicas em sementes. Assim, faremos uma relação descritiva entre o teste de envelhecimento acelerado, frequentemente utilizado para a avaliação da deterioração e da qualidade fisiológica de sementes, e o método científico propriamente dito.

O método científico, especificamente o método hipotético-dedutivo, vem a atender o objetivo da ciência, a qual proporciona explicações para os fenômenos da natureza. Essas explicações são formuladas e testadas por meio de procedimentos rigorosos, ou seja, por meio do método científico (KÖCHE, 2002; AMABIS; MARTHO, 2010). O método científico abrange as seguintes fases, cada qual dando origem à fase seguinte, nesta ordem: 1) Fato, observação ou identificação de um problema; 2) Hipótese, formulação de uma hipótese, ou seja, de uma pergunta problema, a partir do problema observado; 3) Dedução, levantamento de deduções a partir da hipótese; 4) Experimento, testes das deduções, por meio de novas observações ou experimentos; 5) Conclusão, conclusões sobre a validade ou não da hipótese.

O critério de demarcação entre a ciência e a não ciência é a falseabilidade de uma hipótese. A formulação de uma hipótese baseia-se na análise, interpretação e reunião de informações pertinentes sobre o assunto. Uma característica fundamental para a elaboração de uma hipótese científica é a possibili-

dade de testá-la, o que permite verificar se a hipótese é falsa ou verdadeira. As explicações científicas nunca são definitivas, elas são aceitas como verdadeiras apenas enquanto não há motivos para duvidar delas, ou seja, enquanto não são rejeitadas por outros testes (KÖCHE, 2002; AMABIS; MARTHO, 2010).

Em síntese, o procedimento científico parte da observação de um problema, seguido da formulação e testes de uma hipótese, com a validade ou não dessa hipótese, por meio da conclusão, como veremos a seguir no estudo-modelo, que envolve o teste de envelhecimento acelerado em lotes de sementes de ipê-roxo. Antes, contudo, alguns conceitos são importantes e devem ser mencionados.

A máxima qualidade fisiológica das sementes, por exemplo, é definida por ocasião da maturidade fisiológica, ou seja, o máximo desenvolvimento de uma semente na planta. A partir deste momento, tende a ocorrer uma queda progressiva na qualidade da semente, em função do processo de deterioração (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012). A duração do processo de deterioração é determinada principalmente pela interação entre a herança genética, o grau de hidratação e a temperatura de armazenamento, proporcionando alterações fisiológicas, bioquímicas, físicas e citológicas, determinando a queda do vigor, culminando com a morte da semente (MARCOS FILHO, 2005).

O diagnóstico da deterioração de sementes, realizado por meio de testes de vigor, mostra-se como um componente importante na avaliação da qualidade fisiológica, possibilitando avaliação rápida do vigor, auxiliando na tomada de decisões quanto ao uso ou descarte de lotes de sementes. Assim, um dos principais desafios das pesquisas sobre tecnologia de sementes está na adequação de testes de vigor que permitam identificar eventos da deterioração que precedem a perda da capacidade germinativa das sementes. Entre esses eventos, figuram a danificação dos sistemas de membranas e dos mecanismos energéticos, a diminuição da resistência ao armazenamento e da tolerância aos estresses ambientais e a redução da velocidade de germinação (MARCOS FILHO, 2005). Desta forma, diversos testes de vigor foram desenvolvidos buscando-se identificar aquelas alterações, tais como a primeira contagem do teste de germinação, o tempo médio de germinação, o índice de velocidade de germinação e o teste de envelhecimento acelerado. Este último, utilizando-se alta temperatura e umidade relativa elevada, procura simular o que ocorre no envelhecimento natural, com veloci-

dade mais elevada, baseado na simulação de fatores ambientais adversos, como elevação da temperatura e da umidade relativa, principais causas da deterioração e da redução da qualidade fisiológica de sementes (DELOUCHE; BASKIN, 1973; MARCOS FILHO, 1994).

Este teste apresenta grande eficiência, avaliando a diferença de sensibilidade das sementes ao envelhecimento. Ou seja, sementes mais vigorosas após o envelhecimento mantém sua capacidade de produzir plântulas normais e apresentam germinação mais elevada, enquanto que sementes menos vigorosas apresentam maior redução de sua germinação (MARCOS FILHO, 1994). É um teste amplamente utilizado para sementes de espécies agrícolas e ultimamente vem sendo adequado para sementes de espécies florestais (FOGAÇA, 2015). Todavia, na literatura científica há poucos estudos envolvendo o teste de envelhecimento acelerado com sementes florestais e, particularmente com sementes de ipê, volume ainda menor, como os realizados com *Tabebuia serratifolia* e *Tabebuia impetiginosa* (Oliveira, 2004), com *Tabebuia chrysotricha* (Santos et al., 2009) e com em *Handroanthus albus* (Shibata et al., 2012).

A espécie do presente estudo, *Handroanthus heptaphyllus* (Vell.) Mattos é conhecida popularmente como ipê-roxo, ipê-roxo-anão, ipê-preto, pau-d'arco e entre outros. É uma árvore pertencente à família Bignoniaceae, ocorrendo naturalmente no Brasil e também na Argentina, Bolívia e Paraguai (LORENZI, 2002). Estudos recentes com esta espécie evidenciam seu potencial para o tratamento do Diabetes mellitus (GROCHANKE et al., 2016). Já entre os estudos com as sementes dessa espécie podemos enaltecer os que evidenciam a viabilidade e o armazenamento (CALDAS, 2013; MARTINS, 2013).

Assim, diante do exposto e em decorrência de poucas informações na literatura científica sobre o envelhecimento acelerado em sementes de ipê, inclusive em sementes de ipê-roxo (*Handroanthus heptaphyllus*), associado, ainda, ao intuito de fazer uma relação descritiva entre o teste de envelhecimento acelerado e o método científico, o presente estudo apresenta os seguintes objetivos:

- Adequação metodológica do teste de envelhecimento acelerado para a avaliação da qualidade fisiológica de sementes de ipê-roxo.
- O uso do envelhecimento acelerado na aferição de testes de vigor (desenvolvimento de

plântulas normais, primeira contagem, tempo médio de germinação e índice de velocidade de germinação) para a avaliação da qualidade fisiológica de sementes de ipê-roxo.

- Por fim, faremos uma relação descritiva entre o método científico e o teste de o envelhecimento acelerado, associando as fases do método científico com o estudo experimental, ou seja, o envelhecimento acelerado em sementes de ipê-roxo.

2. Material e Métodos

Obtenção do material vegetal – as sementes de ipê-roxo (*Handroanthus heptaphyllus* (Vell.) Mattos) foram obtidas de frutos maduros (SOUZA; OLIVEIRA, 2004; FONSECA et al., 2005) de aproximadamente 30 matrizes de diferentes procedências e épocas, apresentadas a seguir: Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo, SP em agosto de 2004 (SEA04), Instituto de Botânica, SP em agosto de 2004 (INB04), Instituto de Botânica, SP em setembro de 2006 (INB06). Cada coleta, considerando-se a procedência e época, foi considerada uma origem distinta, reportada também como origem do material. Em ambas as origens a localização geográfica é 23°38'S, 46°37'O; na altitude de 785 metros e a classificação climática de Köppen é Cwb, esta vista em Setzer (1966).

Após a colheita, os frutos foram mantidos ao sol, sobre base de alvenaria, cobertos por sombrite. À medida que as sementes foram liberadas dos frutos, foram armazenadas em câmara fria a 7 °C até o início dos experimentos, não excedendo 10 dias (GEMAUQUE et al., 2005).

Avaliações físicas e fisiológicas – as sementes foram avaliadas quanto ao teor de água, conteúdo de massa seca, potencial hídrico (dos embriões) e germinação. O teor de água (TA) e conteúdo de massa seca (MS) foram determinados, gravimetricamente, pelo método estufa a 105 °C por 24 horas, sendo os resultados apresentados em porcentagem de base úmida (% base úmida), para o teor de água e em grama por semente (g.semente⁻¹), para a massa seca (BRASIL, 2009). O potencial hídrico (PH) foi medido, em embriões sem tegumento, por meio de potenciômetro WP4 (Decagon), baseando-se na temperatura do ponto de orvalho do ar em equilíbrio com a amostra examinada. A aferição do potencial foi realizada por meio de isotermas de sorção de água em soluções de polietileno glicol 6.000.

O teste de germinação foi conduzido em câmaras do tipo B.O.D., ajustadas na temperatura constante de 25 °C, com fotoperíodo de 12 horas na presença ou ausência de luz. As sementes foram dispostas em caixas do tipo gerbox com papel filtro umedecido com água destilada (2,5 vezes o peso seco do papel), com duas folhas para a base e uma para a cobertura (BRASIL, 2009). As avaliações da germinação foram realizadas diariamente durante 35 dias, sendo registradas as sementes que emitiram raiz primária, para o cálculo da germinação (G). Para avaliar o vigor, calculou-se, o desenvolvimento de plântulas normais (PN), registrando as sementes que apresentaram a capacidade de produção de plântulas normais (BRASIL, 2009; SOUZA; OLIVEIRA, 2004), o índice de velocidade de germinação (IVG), conforme Maguire (1962) e o tempo médio de germinação (TM) e a primeira contagem (PC), esta sendo realizada, sete dias após o início do teste de germinação (BORGHETTI; FERREIRA, 2004).

Envelhecimento acelerado (EA) – para este estudo as sementes foram submetidas ao envelhecimento acelerado, conforme metodologia descrita por Marcos Filho (1994), ou seja, as sementes foram expostas à temperatura constante de 42 °C, dentro de caixas plásticas tipo gerbox, sobre tela de aço inox e 40 mL de água destilada no fundo, evitando-se o contato direto da água com as sementes. Neste estudo foram realizados dois experimentos, descritos a seguir:

Com intuito de utilizar o teste de envelhecimento acelerado para a avaliação da qualidade fisiológica de sementes de ipê-roxo de diferentes origens, sementes oriundas de SEA04, INB04 e INB06 foram expostas pelo período de 96 horas ao EA, período este estabelecido com base nas informações apresentadas por Oliveira (2004). Ao final de 96 horas, bem como as sementes sem envelhecimento (0 hora), amostras de sementes foram retiradas e submetidas à análise do teor de água, conteúdo de massa seca, germinação, desenvolvimento de plântulas normais, índice de velocidade de germinação, tempo médio de germinação e a primeira contagem, conforme descrito anteriormente.

Já com o intuito de realizar a aferição dos testes de vigor durante o envelhecimento acelerado, sementes oriundas de INB06 foram expostas por períodos de 16, 24, 48, 72, 96 e 192 horas ao EA. Ao final de cada período, bem como as sementes sem envelhecimento (0 hora), amostras de sementes foram retiradas e submetidas às avaliações físicas e

fisiológicas (teor de água, potencial hídrico, germinação, desenvolvimento de plântulas normais, índice de velocidade de germinação, tempo médio de germinação e primeira contagem), conforme descrito anteriormente.

Delineamento experimental e procedimento estatístico – o delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, com quatro repetições de 16 sementes. Para o estudo que envolveu as três origens (SEA04, INB04 e INB06) a análise foi realizada em esquema fatorial, associando-se origem do material x tempo de exposição ao envelhecimento acelerado (3 x 2), já para o estudo que envolveu apenas uma origem (INB06) os resultados foram analisados no respectivo fator. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (teste F), ao nível de 5% de significância. Quando pertinente, as médias foram comparadas entre si pelo teste de Tukey, também ao nível de 5% (SANTANA; RANAL, 2004).

Após este estudo experimental, por meio de análise teórica, foi estabelecida uma relação entre a descrição do método científico e o teste de o envelhecimento acelerado, associando as fases do método científico, conforme apresentado por Amabis; Martho (2010) com o estudo experimental realizado (envelhecimento acelerado em sementes de ipê-roxo).

3. Resultados e Discussão

Observando o problema – os resultados a seguir elucidam o fato, a observação do problema, ou seja, a necessidade de adequação da metodologia do teste de envelhecimento acelerado para a avaliação da qualidade fisiológica de sementes de ipê-roxo. A análise de variância para os dados de PC e TM apresentou interação significativa entre os fatores origem do material e tempo de exposição ao envelhecimento acelerado para as sementes de ipê-roxo (Tabela 1). Já para os dados de G, PN e IVG não houve interação, apenas diferenças significativas entre os níveis de cada fator (Tabela 1).

Tabela 1. Teor de água, conteúdo de massa seca, germinação, desenvolvimento de plântulas normais, primeira contagem, tempo médio de germinação e índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de ipê-roxo (*Handroanthus heptaphyllus*) de distintas procedências e épocas após diferentes períodos de exposição ao envelhecimento acelerado a 42 °C e 100% de umidade relativa. Médias seguidas pela mesma letra (minúsculas nas colunas, maiúsculas nas linhas) não diferem entre si pelo teste de

Tukey a 5%. aValores médios acompanhados do desvio padrão.

Origem do material	Tempo de exposição ao envelhecimento acelerado		
	0 hora (inicial)	96 horas	Médias
<i>Teor de água (% base úmida)^a</i>			
SEA04	8,68 ± 0,20	37,38 ± 0,91	
INB04	8,22 ± 0,09	35,97 ± 1,89	
INB06	15,36 ± 0,67	40,16 ± 1,44	
<i>Conteúdo de massa seca (g.semente⁻¹)^a</i>			
SEA04	0,050 ± 0,002	0,032 ± 0,003	
INB04	0,066 ± 0,006	0,036 ± 0,006	
INB06	0,045 ± 0,004	0,044 ± 0,002	
<i>Germinação (%)</i>			
SEA04	88	55	71 ab
INB04	80	39	59 b
INB06	92	64	78 a
Médias	87 A	53 B	
Coeficiente de Variação (%)			18,25
<i>Plântulas normais (%)</i>			
SEA04	75	50	63 a
INB04	64	11	38 b
INB06	83	39	61 a
Médias	74 A	33 B	
Coeficiente de Variação (%)			24,09
<i>Primeira contagem (%)</i>			
SEA04	73 aA	55 aA	
INB04	53 aA	31 abB	
INB06	75 aA	8 bB	
Médias			
Coeficiente de Variação (%)			27,97
<i>Tempo médio (%)</i>			
SEA04	8,50 aA	7,00 bA	
INB04	9,42 aA	8,55 bA	
INB06	8,59 aB	14,13 aA	
Médias			
Coeficiente de Variação (%)			11,65
<i>IVG</i>			
SEA04	1,82	1,25	1,54 a
INB04	1,44	0,80	1,12 b
INB06	1,90	0,79	1,34 ab
Médias	1,72 A	0,95 B	
Coeficiente de Variação (%)			21,49

Observa-se que todas as variáveis diferenciaram após 96 horas de EA, houve quedas nos valores de G, PN, PC e IVG (Tabela 1), visto que as intensidades das quedas variaram de acordo com as origens das sementes. Por exemplo, quando se analisou G e PN entre as três origens, verificou-se que as sementes de SEA04 tiveram uma queda menor dos valores, já as sementes de INB06 tiveram uma queda intermediária e as sementes de INB04 tiveram uma queda maior (Tabela 1). Por outro lado, quando se analisou IVG, PC e TM entre as três origens também se verificou quedas entre os valores após 96 horas de EA, porém não com o mesmo padrão das variáveis G e PN (Tabela 1).

Os valores médios de 0 e 96 horas de EA

das variáveis G, PN e IVG apresentaram diferenças significativas entre as distintas origens, respeitando o mesmo padrão descrito anteriormente, ou seja, SEA04 menores valores de redução, INB06 valores intermediários de redução e INB04 maiores valores de redução (Tabela 1). Essas diferenças entre as origens dos materiais provavelmente está associada à qualidade fisiológica inicial das sementes após a coleta, bem como às condições de colheita e beneficiamento, às condições ambientais durante a formação das sementes e aos fatores genéticos, como descrito nos estudos realizados por Daws et al. (2004), Carvalho; Nakagawa (2012) e Lamarca et al. (2013).

Todavia, verifica-se que as variáveis G, PN e IVG, as quais permitiram diferenciar os materiais de distintas procedências e épocas, também foram aquelas que não apresentam interações significativas entre os fatores estudados (origem do material x tempo de exposição ao envelhecimento acelerado), ao passo que aquelas que apresentaram interações significativas, ou seja, PC e TM, não permitiram diferenciar os materiais de diferentes origens. Assim, o período de 96 horas de EA utilizado no presente estudo não permitiu que os testes de vigor utilizados fossem precisos no diagnóstico de eventos da deterioração que antecedem a perda da germinação e reduzem a qualidade fisiológica das sementes, visto que tais testes são por princípios adequados para tal diagnóstico (MARCOS FILHO, 2005).

Em decorrência das poucas informações na literatura científica, associada aos resultados apresentados no presente estudo, mostra-se necessária a adequação da metodologia do envelhecimento acelerado para a avaliação da qualidade fisiológica de sementes de ipê-roxo, bem como a aferição dos testes de vigor (PN, IVG, PC e TM) em outros períodos de envelhecimento acelerado.

Adequação da metodologia do envelhecimento acelerado e aferição de teste de vigor para a avaliação da qualidade fisiológica de sementes de ipê-roxo – a análise de variância apresentou diferenças significativas para todas as variáveis durante a exposição das sementes de ipê-roxo ao envelhecimento acelerado (Tabela 2). Nota-se, que à medida que aumenta o tempo de exposição ao envelhecimento acelerado, aumenta o TA e o TM, o PH fica menos negativo e diminui a G, o PN, a PC e o IVG (Tabela 2).

Tabela 2. Teor de água, potencial hídrico,

germinação, desenvolvimento de plântulas normais, primeira contagem, tempo médio de germinação e índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de ipê-roxo (*Handroanthus heptaphyllus*) após diferentes períodos de exposição ao envelhecimento acelerado (EA) a 42 °C e 100% de umidade relativa. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5%.

Tempo de exposição ao EA	Teor de água (% base úmida)	Potencial hídrico (-MPa)	Germinação (%)	Plântulas normais (%)	Primeira contagem (%)	Tempo médio	IVG
0 hora (inicial)	15,36 f	25,97 a	92 a	83 a	76 a	8,60 d	1,90 a
16 horas	27,56 e	8,87 b	86 ab	64 ab	63 ab	9,57 d	1,67 a
24 horas	30,99 d	7,18 c	80 ab	58 ab	53 ab	10,31 cd	1,43 a
48 horas	33,04 d	5,62 d	75 ab	64 ab	52 ab	10,12 cd	1,48 a
72 horas	37,47 c	4,09 de	83 ab	52 b	38 bc	13,04 bc	1,29 ab
96 horas	40,22 b	4,08 e	64 b	39 b	8 cd	14,13 b	0,79 bc
192 horas	49,33 a	2,68 e	61 b	38 b	0 d	20,46 a	0,50 c
Coefficiente de Variação (%)	3,30	7,93	15,09	21,45	33,15	10,83	20,75

Os resultados demonstram que os períodos de 16, 24 e 48 horas de EA não foram suficientes para diferir as variáveis analisadas de seus respectivos valores iniciais, ou seja, de 0 hora (Tabela 2). Com isso, verifica-se que os testes de vigor analisados (PN, PC, TM e IVG), assim como a G, diferenciaram de seu respectivo valor inicial em períodos de EA acima de 48 horas, como descrito a seguir:

PN, PC e TM diferenciaram de seu valor inicial (0 hora) em 72 horas de EA (Tabela 2); já o IVG diferenciou de seu valor inicial em 96 horas de EA, provavelmente o IVG acompanhou os resultados de G, uma vez que este também diferenciou em 96 horas de EA e que o cálculo do IVG é dependente dos resultados de germinação (MAGUIRE, 1962). Desta forma, pode-se considerar que o IVG não é um teste adequado para a análise do vigor de sementes de ipê-roxo envelhecidas artificialmente.

Como 72 horas de EA foi o período que diferenciou do valor inicial (0 hora) a maioria das variáveis dos testes de vigor (PN, PC e TM), 72 horas de EA mostra-se como um período adequado para o envelhecimento acelerado dessas sementes. A partir daí, analisou-se quais foram as variáveis e períodos que diferenciaram de 72 horas de EA. Após a análise, verificou-se que em 96 horas de EA nenhuma das variáveis diferenciou de 72 horas de EA, já em 192 horas de EA o PC e o TM diferenciaram de 72 horas de EA, desta forma, PC e TM são considerados como testes de vigor adequados para a análise da qualidade fisiológica de sementes de ipê-roxo. O IVG em

192 horas de EA também diferenciou de 72 horas de EA, todavia, já havia sido considerado como um teste não adequado (Tabela 2).

Outra importante observação foi à constituição de diferentes níveis de deterioração ao longo dos períodos de EA, algo que mudou de acordo com a variável analisada. Ou seja, quando se analisou G, PN e IVG verificou-se a constituição de apenas dois níveis de deterioração, ao passo que, quando se analisou PC e TM verificou-se a constituição de três níveis de deterioração (Tabela 2), enaltecendo que PC e TM são testes mais precisos e adequados para a análise do vigor dessas sementes.

Analisando-se, conjuntamente, os períodos de envelhecimento acelerado, os testes de vigor, bem como as mudanças nos níveis de hidratação, este vistos pelo TA e PH, verifica-se que após 72 horas de EA as sementes hidrataram e passaram a apresentar um PH de -4 MPa (Tabela 2). De acordo com Vertucci; Farrant (1995) este nível de hidratação é caracterizado como o estado energético Tipo III da água, nos quais a respiração aeróbica é intensificada e há o início do metabolismo sem que os sistemas de reparos estejam ativados, conferindo um nível de hidratação crítico para o armazenamento de sementes, uma vez que é intensificada a deterioração. Estudos com o teste de envelhecimento acelerado para diversas sementes enaltecem que este nível de hidratação deve ser atingido no período considerado adequado para o envelhecimento (MARCOS FILHO, 2005), como ocorreu no presente estudo.

Assim, 72 horas de EA mostra-se como um período adequado para o uso do teste de envelhecimento acelerado para a avaliação da qualidade fisiológica de sementes de ipê-roxo, corroborando com estudos realizados com outras espécies de ipê, como visto em *Tabebuia chrysotricha* por Santos et al. (2009) e em *Handroanthus albus*; Sinônimo: *Tabebuia alba* por Shibata et al. (2012).

A qualidade fisiológica das sementes é máxima por ocasião da maturidade fisiológica, a partir deste momento, tende a ocorrer uma queda progressiva na qualidade, em função da deterioração, culminando com a perda da capacidade de germinação e a morte das sementes (CARVALHO; NAKAGAWA 2012). Assim, durante o processo de deterioração ocorrem diversos eventos que antecedem a perda da germinação, tais como a danificação dos sistemas de membranas e

dos mecanismos energéticos e de síntese, a diminuição da resistência ao armazenamento e da tolerância aos estresses ambientais, bem como a redução da velocidade de germinação, estes eventos da deterioração podem ser diagnosticados por testes de vigor (MARCOS FILHO, 2005). Como visto, no presente estudo, entre os testes de vigor analisados PC e TM foram os mais precisos e adequados para diagnosticar o processo de deterioração e para avaliar a qualidade fisiológica sementes de ipê-roxo.

Em síntese, no presente estudo, verificou-se que o período de 72 horas de EA é o período mais adequado para o envelhecimento acelerado de sementes de ipê-roxo (*Handroanthus heptaphyllus* (Vell.) Mattos) e que a primeira contagem (PC) e o tempo médio de germinação (TM) são considerados como testes de vigor mais precisos e adequados para avaliação da qualidade fisiológica de sementes dessa espécie.

Entre o método científico e o teste de o envelhecimento acelerado – a descrição entre o teste de envelhecimento acelerado e o método científico pode ser elucidada, associando as fases do método científico (KÖCHE, 2002; AMABIS; MARTHO, 2010) com o presente estudo experimental (envelhecimento acelerado em sementes de ipê-roxo), como se pode ver a seguir:

Fato – a identificação de um problema: neste podemos descrever a falta de informações na literatura científica a respeito do teste de envelhecimento acelerado para as sementes de ipê-roxo e a necessidade de adequar à metodologia do teste de envelhecimento acelerado para a avaliação da qualidade fisiológica dessas sementes.

Hipótese – a formulação de uma hipótese, ou seja, de uma pergunta problema, a partir do problema observado: aqui elucidaremos a elaboração da pergunta problema, a qual se refere na adequação metodológica do envelhecimento acelerado e aferição de teste de vigor para a avaliação da qualidade fisiológica de sementes de ipê-roxo.

Dedução – o levantamento de deduções a partir da hipótese: neste item, com o intuito de testar a hipótese, podemos descrever a necessidade de problematizar, bem como os diferentes tratamentos utilizados e o delineamento experimental, ou seja, os diferentes períodos de envelhecimento acelerado e as diferentes variáveis analisadas para o estudo com sementes de ipê-roxo.

Experimento – testes das deduções, por meio de novas observações ou de experimentos: aqui enalteçemos a execução dos experimentos com sementes de ipê-roxo, ou seja, aqueles elaborados para testar a hipótese. Na prática, as deduções são testadas por meio de novas observações ou pela experimentação. Um experimento é uma situação artificial, criada pelo pesquisador com o objetivo de verificar se as consequências previstas por uma hipótese se confirmam ou não (AMABIS; MARTHO, 2010).

Conclusão – as conclusões sobre a validade ou não da hipótese: neste descrevemos as conclusões retiradas do estudo. Como visto, o período de 72 horas de EA é o período adequado para o envelhecimento acelerado de sementes de ipê-roxo e a primeira contagem e tempo médio de germinação são os testes de vigor mais indicados para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de ipê-roxo. As explicações científicas nunca são definitivas, elas são aceitas como verdadeiras apenas enquanto não há motivos para duvidar delas, ou seja, enquanto não são rejeitadas por outros testes (AMABIS; MARTHO, 2010).

4. Considerações Finais

Verificamos em nosso estudo, que o teste de envelhecimento acelerado em sementes de ipê-roxo mostra-se como um interessante modelo para descrever o método científico nas pesquisas com sementes, permitindo relacionar as fases do método científico com as etapas de execução do trabalho experimental. Assim, podemos enaltecer que a ciência não representa apenas a reprodução de metodologias, mas sim a observação de um problema e a elaboração e resposta de uma hipótese, embasada na fundamentação teórica. Por fim, é importante destacar aqui o papel do pesquisador, o seu olhar crítico e o seu conhecimento científico, valorizando a multidisciplinaridade, a formação de recursos humanos, a veracidade da informação científica, bem como a divulgação por meio de publicações acadêmicas.

5. Agradecimentos

Ao Instituto de Botânica, SP e a Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo, SP, pela permissão das coletas. À Dra. Lucia Rossi, pela identificação da espécie e à Dra. Denise Augusta Camargo Bilia Lourencon, pelas valiosas sugestões ao trabalho.

6. Referências Bibliográficas

- AMABIS, J. M.; MARTHO, G. R. *Biologia*. v. 1, 3ªed., São Paulo: Moderna, 2010.
- BORGUETTI, F.; FERREIRA, A. G. Interpretação de resultados de germinação. In: FERREIRA, A. G.;
- BORGHETTI, F. (Orgs.). *Germinação: do básico ao aplicado*. Porto Alegre: Artmed, 2004. pp. 209-222.
- BRASIL. Ministério da agricultura, pecuária e abastecimento. *Regras para Análise de Sementes*. Brasília, 2009. 399p.
- CALDAS, I. G. R. Armazenamento de sementes germinadas de *Handroanthus heptaphyllus* (Vell.) Mattos e seu comportamento em viveiro. Dissertação de Mestrado, Botucatu: Universidade Estadual Paulista, 2013.
- CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. *Sementes: ciência, tecnologia e produção*. Jaboticabal: Funep, 2012. 590p.
- DAWS, M. I.; LYDALL, E.; CHMIELARZ, P.; LEP-RINCE, O.; MATTHEWS, S.; THANOS, C. A.;
- PRITCHARD, H. W. Developmental heat sum influences recalcitrant seed traits in *Aesculus hippocastanum* across Europe. *New Phytologist*, v. 162, n. 1, p. 157-166, 2004.
- DELOUCHE, J. C.; BASKIN, C. C. Accelerated aging techniques for predicting the relative storability of seed lots. *Seed Science and Technology*, v. 1, n. 2, p. 427-452, 1973.
- FOGAÇA, C. A. Teste de tetrazólio e testes de vigor. In: PIÑA-RODRIGUES, F. C. M.; FLIGLIOLIA, M. B.; SILVA, A. (Orgs.). *Sementes florestais tropicais: da ecologia à produção*. Londrina: ABRATES, 2015. pp. 344-359.
- FONSECA, F. L.; MENEGARIO, C.; MORI, E. S.; NAKAGAWA, J. Maturidade fisiológica das sementes do ipê amarelo, *Tabebuia chrysotricha* (Mart. Ex DC.) Standl. *Scientia Forestalis*, Piracicaba, n. 69, p.136-141, 2005.
- GEMAQUE, R. C. R.; DAVIDE, A. C.; SILVA, E. A. A.;
- FARIA, J. M. R. Efeito das secagens lenta e rápida em sementes de ipê-roxo (*Tabebuia impetiginosa* (Mart.) Standl). *Cerne*, Lavras, v. 11, n. 4, p. 329-335, 2005.
- GROCHANKE, B. S.; GEHRKE, I. T. S.; GOETTEM-SFIORIN, P. B.; BRUXEL, M. A.; BASSO, E. G. P.;
- HECK, T. G.; LUDWIG, M. S. Compostos fenólicos da casca de *Handroanthus heptaphyllus* (Mart.) Mattos e efeitos do extrato aquoso no perfil lipídico, glicêmico e na lipoperoxidação em ratos diabéticos. *Revista Brasileira Plantas Mediciniais*, Campinas, v. 18, n. 1, p. 264-272, 2016.
- KÖCHE, J. C. *Fundamentos de metodologia científica: teoria da ciência e iniciação à pesquisa*. 20ª ed., Petrópolis: Vozes, 2002.
- LAMARCA, E. V.; PRATAVIERA, J. S.; BORGES, I. F.;
- DELGADO, L. F.; TEIXEIRA, C. C.; CAMARGO, M. B. P.; FARIA, J. M. R.; BARBEDO, C. J. Maturation of *Eugenia pyriformis* seeds under different hydric and thermal conditions. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, Rio de Janeiro, v. 85, n. 1, p. 223-233, 2013.
- LAMARCA, V. A. *As aventuras de Piteco, o ecologista*. Publicação independente, Registro de direitos autorais nº 273.561, 2011.
- LORENZI, H. *Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil*. Nova Odessa: Plantarum, v. 1, 4ª ed., 2002. 368p.

- MAGUIRE, J. D. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Science*, v. 2, n. 2, p. 176-177, 1962.
- MARCOS FILHO, J. Fisiologia de sementes de plantas cultivadas. Piracicaba: Fealq, 2005.
- MARCOS FILHO, J. Teste de envelhecimento acelerado. In: VIEIRA, R. D.; CARVALHO, N. M. (Orgs.). Testes de vigor em sementes. Jaboticabal: Funep, 1994. pp. 133-149.
- MARTINS, M. R. S. G. Viabilidade de sementes de *Handroanthus heptaphyllus* (Vell.) Mattos armazenadas nos frutos. Dissertação de Mestrado, Botucatu: Universidade Estadual Paulista, 2013.
- OLIVEIRA, L. M. Avaliação da qualidade de semente de *Tabebuia serratifolia* Vahl Nich. e *Tabebuia impetiginosa* (Martius Ex A. P. De Candolle Standley) envelhecidas natural e artificialmente. Tese de Doutorado, Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2004. 160p.
- PIÑA-RODRIGUES, F. C. M.; FLIGLIOLIA, M. B.; SILVA, A. Sementes florestais tropicais: da ecologia à produção. Londrina: ABRATES, 2015.
- SANTANA, D. G.; RANAL, M. A. Análise da germinação: um enfoque estatístico. Brasília: Universidade de Brasília, 2004.
- SANTOS, F. S.; PAULA, R. C.; SABONARO, D. Z.;
- VALADARES, J. Biometria e qualidade fisiológica de sementes de diferentes matrizes de *Tabebuia chrysotricha* (Mart. Ex A. DC.) Standl. *Scientia Forestalis*, Piracicaba, v. 37, n. 82, p. 163-173, 2009.
- SETZER, J. Atlas Climático e Ecológico do Estado de São Paulo. Comissão Interestadual da Bacia Paraná-Uruguaí, 1966. 61p. SOUZA, L. A.; OLIVEIRA, J. H.
- G. Morfologia e anatomia das plântulas de *Tabebuia avellanadae* Lor. Ex Griseb e *T. chrysotricha* (Mart. ex Dc.) Standl. (Bignoniaceae). *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, Maringá, v. 26, n. 2, p. 217-226, 2004.
- SHIBATA, M.; COELHO, C. M. M.; OLIVEIRA, L. M.;
- GARCIA, C. Accelerated aging of ipê seeds under controlled conditions of storage. *Revista Brasileira de Sementes*, Londrina, v. 34, n. 2 p. 247-254, 2012.
- VERTUCCI, C. W.; FARRANT, J. M. Acquisition and loss of desiccation tolerance. In: KIGEL, J.; GALILI, G. (Eds.). Seed development and germination. New York: Marcel Dekker, 1995. pp. 237-271.