

Biometria e embebição de sementes de *Passiflora* spp. submetidas a tratamentos para superação de dormência tegumentar

Biometry and seed imbibition of *Passiflora* spp. submitted to treatments to overcome tegumentary numbness

Biometría e imbibición de semillas de *Passiflora* spp. sometido a tratamientos para superar el entumecimiento tegumentário

Recebido: 24/01/2022 | Revisado: 29/01/2022 | Aceito: 04/02/2022 | Publicado: 06/02/2022

Gilma Rosa do Nascimento

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7656-3665>
Universidade Federal do Espírito Santo, Brasil
E-mail: gilmarosnascimento@hotmail.com

José Carlos Lopes

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4880-0547>
Universidade Federal do Espírito Santo, Brasil
E-mail: jcufes@bol.com.br

Rodrigo Sobreira Alexandre

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5248-6773>
Universidade Federal do Espírito Santo, Brasil
E-mail: rodrigossobreiraalexandre@gmail.com

Resumo

Objetivou-se estudar as curvas de embebição das sementes a fim de determinar se o tegumento funciona como barreira para a absorção de água prejudicando o processo de germinação. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, conduzidos com quatro repetições de 25 sementes retiradas de frutos maduros de cinco espécies de *Passifloras*, sendo *P. edulis* f. *flavicarpa*, *P. edulis* Sims, *P. alata* Curtis, *P. alata* spp, *P. mucronata* Lam. Foram utilizados dois tratamentos: T0 semente inteira T1 semente com tegumento incisado na lateral. As sementes foram pesadas antes da imersão em água, e após em intervalos de uma hora até as primeiras 09 horas, após a cada 24 horas, finalizando com 240 horas de análise. Os resultados foram expressos em porcentagens. Nas sementes incisadas, foi observado que o ganho de água ocorreu com maior velocidade nas primeiras horas, sendo que essas sementes tiveram um aumento médio de 18,8 a 37,5% quando comparadas ao início da do processo de embebição e nas sementes integras média de 12,2 a 26,7%. Sementes de *Passifloras*, seguem o padrão trifásico de absorção de água, sendo a fase I compreendida entre zero e 20 horas, a fase II entre 20 e 180 horas e a fase III foi observada apenas em *P. edulis* Sims com 220 horas. Conclui-se que a velocidade de germinação das sementes é influenciada positivamente pela incisão, evidenciando sua dormência fisiológica.

Palavras-chave: Dormência; Germinação; Curva de embebição.

Abstract

The objective was to study the imbibition curves of the seeds in order to determine if the seed coat works as a barrier to the absorption of water, impairing the germination process. The experimental design used was a completely randomized design, conducted with four replications of 25 seeds taken from mature fruits of five *Passifloras* species, *P. edulis* f. *flavicarpa*, *P. edulis* Sims, *P. alata* Curtis, *P. alata* spp, *P. mucronata* Lam. Two treatments were used: T0 whole seed T1 seed with incised seed coat on the side. The seeds were weighed before immersion in water, and then at one-hour intervals until the first 09 hours, after every 24 hours, ending with 240 hours of analysis. Results were expressed in percentages. In the incised seeds, it was observed that the water gain occurred more quickly in the first hours, and these seeds had an average increase from 18.8 to 37.5% when compared to the beginning of the imbibition process and in the whole seeds of 12.2 to 26.7%. *Passifloras* seeds follow the three-phase pattern of water absorption, with phase I between zero and 20 hours, phase II between 20 and 180 hours and phase III was observed only in *P. edulis* Sims at 220 hours. It is concluded that the germination speed of the seeds is positively influenced by the incision, evidencing its physiological dormancy.

Keywords: Dormancy; Germination; Imbibition curve.

Resumen

El objetivo fue estudiar las curvas de imbibición de las semillas para determinar si la testa funciona como barrera a la absorción de agua, perjudicando el proceso de germinación. El diseño experimental utilizado fue un diseño

completamente al azar, realizado con cuatro repeticiones de 25 semillas extraídas de frutos maduros de cinco especies de *Passifloras*, *P. edulis* f. *flavicarpa*, *P. edulis* Sims, *P. alata* Curtis, *P. alata* spp, *P. mucronata* Lam. Se utilizaron dos tratamientos: T0 semilla entera T1 semilla con testa incisa en el lateral. Las semillas se pesaron antes de la inmersión en agua, y luego a intervalos de una hora hasta las primeras 09 horas, después cada 24 horas, finalizando con 240 horas de análisis. Los resultados se expresaron en porcentajes. En las semillas incisas se observó que la ganancia de agua ocurrió más rápidamente en las primeras horas, y estas semillas tuvieron un incremento promedio de 18.8 a 37.5% con respecto al inicio del proceso de imbibición y en las semillas enteras promedio de 12.2 a 26,7%. Las semillas de *Passifloras*, siguen el patrón de tres fases de absorción de agua, con la fase I entre las cero y las 20 horas, la fase II entre las 20 y las 180 horas y la fase III se observó solo en *P. edulis* Sims a las 220 horas. Se concluye que la velocidad de germinación de las semillas es influenciada positivamente por la incisión, evidenciando su latencia fisiológica.

Palabras clave: Latencia; Germinación; Curva de imbibición.

1. Introdução

O maracujá é um fruto cultivado em países de clima tropical e subtropical, pertencente à família Passifloraceae, do gênero *Passiflora*. Existem mais de 150 espécies do fruto do maracujazeiro, no entanto, as espécies mais cultivadas são: maracujá amarelo azedo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*), maracujá-roxo azedo (*P. edulis* Sims) e maracujá doce (*P. alata* Curtis), o maracujá-amarelo azedo representa quase a totalidade do volume comercializado mundialmente (Coelho et al., 2016; IBGE, 2021).

O Brasil destaca-se como maior produtor e consumidor de maracujá do mundo, com uma produção de 593.429 toneladas obtida em 41.584 hectares (Ibge, 2021). A produtividade do maracujá, porém, ainda é baixa (14,27 t ha⁻¹) devido a utilização de sementes de origem genética desconhecida, oriundas de frutos produzidos em pomares comerciais. A produção e comercialização do maracujá exerce importante papel econômico e social à agricultura familiar, possibilitando geração de renda em pequenas propriedades, além de colaborar para permanência do homem no campo (Faleiro et al., 2019; Oliveira et al., 2020).

A potencialidade agrônômica de espécies silvestres de maracujazeiros não foi completamente explorada por motivos de escassez em pesquisas básicas e aplicadas. O número de cultivares comerciais é pequeno, considerando o grande número de espécies de maracujá e a grande variabilidade dos agroecossistemas. Para as tecnologias geradas virarem inovação, é importante as ações de transferência de tecnologia e a organização da cadeia produtiva de cada espécie de maracujá no sentido de desenvolver novos processos e produtos e conquistar novos mercados (Faleiro et al., 2019).

A propagação de *Passiflora* é feita preferencialmente por sementes, no entanto, essas sementes apresentam como características baixa germinação e desuniforme, dificultando a produção de mudas (José et al., 2019). Para isso, há necessidade de uniformidade de desenvolvimento das plantas, o que se inicia na germinação das sementes e na emergência das plântulas.

As sementes de *Passiflora* apresentam dormência (Faleiro et al., 2019). Necessitando de tratamento especial antes da semeadura para propiciar ou aumentar sua germinação. A dormência de sementes impede a germinação durante períodos adversos, mesmo em condições favoráveis, sendo um mecanismo importante de adaptação de espécies que garante uma distribuição de germinação ao longo do tempo. Diversos tratamentos são aplicados nas sementes com intuito de superar essa dormência, estimulando o processo germinativo, culminando com o crescimento do embrião (Silva et al., 2019).

A dormência da semente é dividida em duas categorias principais: exógena e endógena. A dormência exógena é causada por fatores externos ao embrião da semente, como o tegumento, e é classificado em três áreas: dormência física causada por um revestimento impermeável ao oxigênio e/ou água, dormência mecânica causada por uma camada que não permite que o embrião possa expandir, e dormência química relacionada com inibidores dentro do tegumento da semente (Bewley et al., 2013).

Portanto, a curva de embebição apresenta extrema importância na identificação de sementes que apresentam alguma restrição à entrada de água no processo germinativo, como por exemplo, tipos de dormência. É neste momento, que sementes consideradas dormentes, não apresentam o padrão trifásico, permanecendo assim na fase II (Guollo et al., 2016).

Os resultados para a germinação de sementes de espécies frutíferas obtidos em laboratório podem ser utilizados para prever o seu comportamento germinativo e o desenvolvimento das plântulas em condições naturais, em seu ambiente de cultivo (Cadorin et al., 2017). Portanto, as sementes devem apresentar alta porcentagem de germinação, sincronia e rapidez no desenvolvimento das mudas durante a sua fase de produção, para que esta seja economicamente viável.

Plantas que se desenvolvem com uniformidade trarão respostas significativas ao processo de produção de mudas semínifera, fortalecendo os sistemas de produção do maracujazeiro comercial. Diante do exposto, objetivou-se estudar as curvas de embebição de sementes de maracujás (*Passifloras*) a fim de determinar se o tegumento funciona como barreira para a absorção de água prejudicando o processo de germinação.

2. Metodologia

O trabalho foi conduzido no Laboratório de Análise de Sementes do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo (CCAUE-UFES), município de Alegre, estado do Espírito Santo. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com quatro repetições de 25 sementes, oriundas de frutos maduros de cinco espécies de maracujazeiros: maracujá amarelo azedo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*), maracujá roxo azedo (*P. edulis* Sims), maracujá silvestre (*P. mucronata* Lam.), maracujá doce silvestre (*P. alata* spp.), maracujá doce comercial (*P. alata* Curtis). O material foi procedente da região sul do estado do Espírito Santo 20° 45' 48" S - 41° 32' 2" W, e o maracujá doce amarelo procedente de Abatiá/PR latitude: 23° 18' 13" S, longitude: 50° 19' 3" O, comercializados pela Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerais de São Paulo (CEAGESP).

Os frutos foram seccionados ao meio com auxílio de bisturi e as sementes extraídas com auxílio de uma colher esterilizada, e posteriormente removida a polpa pela técnica da cal extinta, sobre uma peneira, lavadas em água corrente e mantidas sobre papel tipo germitest, à sombra, para secagem. Para a caracterização do lote de sementes de cada espécie foi determinado o teor de água e a massa de mil sementes, utilizando-se oito repetições de 100 sementes, pesadas em balança analítica (0,0001 g), segundo as prescrições das Regras para Análise de Sementes (RAS) (Brasil, 2009). As espécies estudadas foram categorizadas com base no tamanho dos frutos e das sementes, conforme prescrições das Regras Internacionais para Análise de Sementes (Ista, 2017), em que lotes de sementes pequenas são constituídos por mais de 5.000 sementes kg⁻¹ e lotes de sementes grandes com menos de 5.000 sementes kg⁻¹.

Foram utilizados dois tratamentos com quatro repetições de 25 sementes: T0 = sementes integras e T1 = sementes com tegumento incisado na lateral oposta ao eixo do embrião. As sementes foram beneficiadas e pesadas antes da sua imersão em água destilada, e posteriormente, em intervalos de uma hora até as primeiras 09 horas, seguindo-se com pesagens a cada 24 horas, até após 240 horas de embebição, e os resultados expressos em porcentagens.

Sementes correspondentes a cada tratamento foram retiradas da água após cada período, enxugadas com papel germitest para remoção do excesso de água e mantidas em papel sobre bancada à temperatura ambiente para redução e padronização do teor de água.

As pesagens foram feitas em balança analítica (0,0001g), e as determinações dos valores de umidade foram feitas utilizando-se a fórmula, % incremento de massa fresca = $(P_f - P_i) / P_i \times 100$, em que: P_i = peso inicial das sementes; P_f = peso final das sementes em cada tempo. A eficiência dessas reações pode determinar a velocidade, uniformidade, porcentagem e grau de desenvolvimento da muda. Os resultados foram expressos em porcentagem de incremento de massa fresca. Para a determinação da curva de absorção de água foram ajustadas equações de regressão.

3. Resultados e Discussão

Os frutos de *P. edulis* f. *flavicarpa* e *P. edulis* Sims pesaram em média 183,8 e 179,8 g respectivamente, contendo em média 160 sementes, e a polpa amarelo-intenso; os frutos do *P. alata* Curtis pesaram 247 g, contendo em média 260 sementes, e a polpa amarelo-clara e os frutos de *P. mucronata* pesaram em média de 31,8 g, com coloração da polpa amarelo-clara, enquanto os frutos de *P. alata* spp. pesaram em média de 72,8 g, contendo em média 150 sementes e a polpa com coloração amarela (Tabela 1).

Tabela 1. Biometria de frutos e sementes de *Passifloras* spp.

Biometria de frutos e sementes de <i>Passiflora</i> spp				
Tipo	Frutos (mm)	Sementes (mm)	Frutos (kg)	1000 sem g ⁻¹
<i>P. alata</i> Curtis	160,65 x 90,87	8,12 x 5,61 x 1,61	247	34,8
<i>P. alata</i> spp	96,43 x 71,35	7,46 x 4,63 x 2,04	72,8	26,52
<i>P. edulis</i> f. <i>flavicarpa</i>	110,53 x 80,76	6,51 x 4,39 x 1,75	183,8	22,6
<i>P. edulis</i> Sims	90,86 x 83,12	6,62 x 4,73 x 1,73	179,8	23,6
<i>P. mucronata</i> spp	55,58 x 29,86	5,20 x 3,22 x 1,43	31,8	7,61

Fonte: Autores.

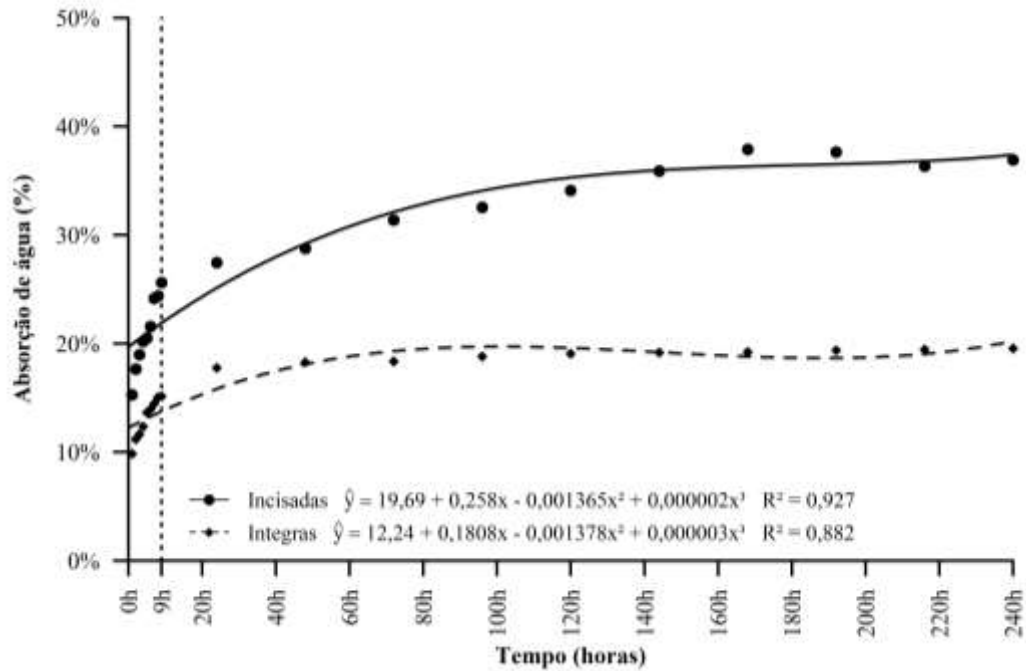
O teor de água inicial das sementes de *Passifloras* foi uniformizado em 9%, devido à importância da uniformização do teor de água das sementes para as análises. Marcos-Filho (2015) enfatizou a importância da uniformização do grau de umidade das sementes, uma vez que a variação da umidade das sementes pode afetar os resultados dos testes.

Para as espécies, a fase I foi caracterizada por um crescente aumento de massa em relação ao tempo de embebição. Essa fase é caracterizada como rápida, havendo relevante absorção de água pelas sementes, cujo processo, meramente físico, é atribuído ao potencial matricial dos vários tecidos da semente. Isso ocorre independentemente de a semente estar viável, morta ou dormente, a não ser que se trate de dormência imposta pela impermeabilidade do tegumento (Bewley et al., 2013).

Nas sementes de *P. edulis* f. *flavicarpa* incisadas foi observado que o ganho de água ocorreu com maior velocidade nas nove primeiras horas, sendo que as mesmas apresentaram um aumento de 15,19%, quando comparadas ao início do processo de embebição, enquanto nas sementes integras esse aumento foi de 5,98%, chegando ao final com diferença de 26,78 e 9,1%, sucessivamente. Observa-se que a fase II começou entre 50 e 100 horas após o início da embebição, que é nessa fase que a dormência das sementes apresenta efeito inibitório da germinação. Após este período, o teor de água já estava estabilizado (Figura 1).

As curvas de embebição, nos métodos de superação de dormência analisados, apresentaram um comportamento cúbico, exibindo, portanto, um padrão trifásico de absorção de água. A embebição foi observada em relação ao tempo em horas, assim verificou-se a absorção de água pelas sementes durante 240 horas de avaliações, sendo possível a identificação de mudanças entre as fases. Após a obtenção dos dados, estes foram organizados em planilha Excel[®], sendo gerados gráficos de regressão, com ajuste cúbico, para identificação das fases da germinação. Observando os dados, a fase I encerrou-se após 24 h de embebição, em que se pode visualizar na curva apresentada leve estabilidade na absorção de água.

Figura 1. Curva de absorção de água em sementes de *Passiflora edulis* f. *flavicarpa* integras e incisadas, durante 240 horas.



Fonte: Autores.

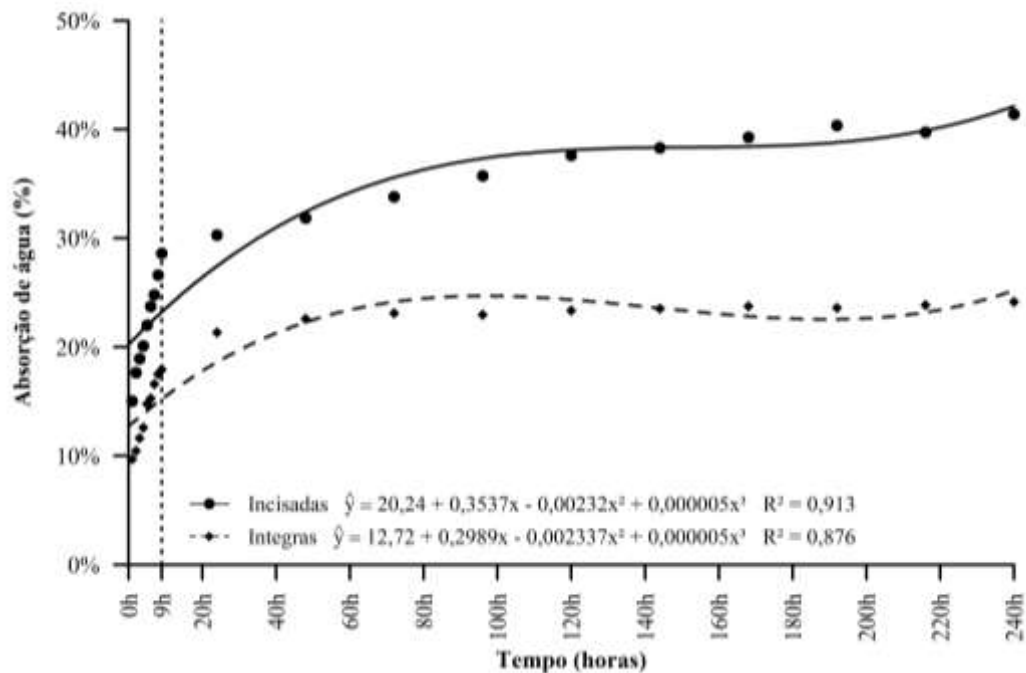
A disponibilidade de água destaca-se como um dos fatores que mais influencia no processo de germinação, e o processo de embebição pelas sementes ocorre de acordo com um padrão trifásico, em que na fase I ocorre o efeito das forças matriciais; a fase II caracteriza-se como uma fase estacionária, na qual ocorre um balanço entre o potencial osmótico e o potencial de pressão, preparando para o início da fase III, na qual ocorre a emissão da raiz primária (Bewley et al., 2013).

Aproximadamente 70 horas após o início da embebição, as sementes apresentaram uma umidade média de 33%, sendo caracterizado com o término da fase I, que ocorreu após 72 h de embebição, estabelecendo o início da fase II ou leg fase, caracterizada pela longa duração dessa fase, sugerindo a presença de dormência nas sementes.

Para *P. edulis* Sims (Figura 2), considerando que a fase I foi rápida e ocorreu independente de atividade metabólica, sendo comum em sementes viáveis e inviáveis tendo geralmente duração de oito a 16 horas e que, na primeira hora as sementes incisadas atingiram grau de umidade de 15,23%, nove horas 28,62%, chegando ao final com 41,5%, assim é possível inferir que a fase I da embebição teve duração aproximada de nove horas. No entanto, as sementes integras com umidades de 9,5; 17 e ao final com 23,5%, a fase II teve início após 24 horas de embebição, finalizando-se após 240 horas, quando houve início da protrusão da raiz primária (14%). O início da fase II foi caracterizado pela drástica redução na absorção de águas pelas sementes. Contudo, a protrusão de raiz primária em todas as repetições, dos cinco lotes estudados teve início após 180 horas de embebição. O período após 40 e 120 horas de embebição foi caracterizado por lento e estável ganho de massa e após 160 horas as sementes ainda não apresentavam protrusão da raiz. O tamanho da semente e do fruto afetaram a embebição e a fisiologia da semente apenas nas fases I e II e pode ser facilmente caracterizada nas curvas.

A fase I é caracterizada pela grande quantidade de água que a semente absorve para sua reidratação devido à diferença do potencial hídrico da semente e o meio até atingir o ponto de equilíbrio, sendo este um processo físico. Observando os dados, a fase I encerrou-se após 20 h de embebição, quando ocorreu leve estabilidade na absorção de água. O nível de absorção de água na fase II permaneceu constante e foram aumentando gradativamente, por um período conhecido como intervalo ou fase de preparação e ativação do metabolismo.

Figura 2. Curva de absorção de água em sementes de *Passiflora edulis* Sims integras e incisadas, durante 240 horas.



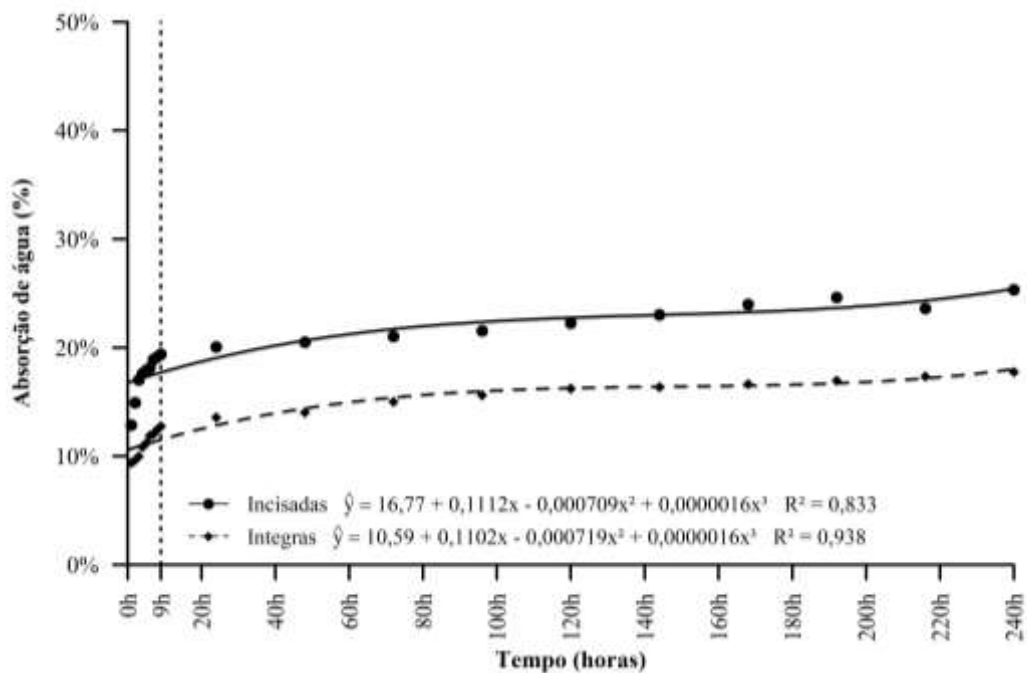
Fonte: Autores.

Esses resultados provavelmente ocorreram porque as amostras com mais de uma semente foram analisadas e não sementes individuais e o início de uma fase não é necessariamente marcado pelo final da fase anterior, podendo as duas ocorrerem simultaneamente (Marcos-Filho, 2015). Resultados que foram corroborados por aqueles obtidos em sementes de *Campomanesia adamantium*, em que a fase III não ficou bem evidenciada pelo aumento marcante da absorção de água (Leão-Araújo et al., 2019), e em sementes de *Pisum sativum* e *Lens culinaris* (Silva et al., 2018).

Tendo em vista que o processo de germinação é uma fase de considerável importância no ciclo de vida do vegetal, caracterizado pela embebição de água pelas sementes, um dos fatores que mais influência no processo de germinação das sementes é a disponibilidade de água. Pois, através da absorção de água ocorre a reidratação dos tecidos, a natural intensificação da respiração e das demais atividades metabólicas, que resultam no fornecimento de energia e de nutrientes necessários para o desenvolvimento do eixo embrionário, além de contribuir para o aumento da porcentagem de germinação (Carvalho & Nakagawa, 2012; Araújo et al., 2016).

Em relação ao tegumento das sementes de *Passifloras alata* Curtis (Figura 3), observou-se que no início das fases I, o tegumento das sementes do T0 apresentava-se íntegro, com suas camadas externas conservadas. Entretanto, no início da fase II foram observadas diferenças entre o tegumento das sementes submetidas ao tratamento. Enquanto as sementes integras mantiveram o tegumento conservado e próximo àquele observado no início da embebição, as sementes incisadas, apresentaram rápida absorção. Para a espécie foi possível observar as duas fases iniciais de absorção de água nas curvas de embebição das sementes submetidas aos tratamentos, à exceção da fase III, em que não se pode visualizar a emissão da raiz primária. Com base no estudo das curvas de embebição, verificou-se que a espécie estudada apresenta sementes com dormência tegumentar, o que ocasiona baixa taxa germinativa, mesmo em condições adequadas a germinação. A caracterização das fases é relevante, principalmente devido às inúmeras pesquisas com o propósito de melhorar a qualidade das sementes. As curvas foram graficamente representadas por seus valores e respectivas equações para *P. alata* Curtis.

Figura 3. Curva de absorção de água em sementes de *Passiflora alata* Curtis integras e incisadas, durante 240 horas.



Fonte: Autores.

Os lotes de sementes de *P. alata* Curtis (Tabela 1) apresentaram o teor de água inicial de 9%, variando as massas de mil sementes de 34,2 a 34,8 g, em decorrência da variação em relação ao tamanho das sementes dessas espécies, em que atingiram um grau de umidade na primeira hora de 11% em sementes incisadas e 9,6% em sementes integras nas primeiras nove horas, chegando a 17,9 e 13%, consecutivamente e 23,4 e 17,3%, ao final das observações.

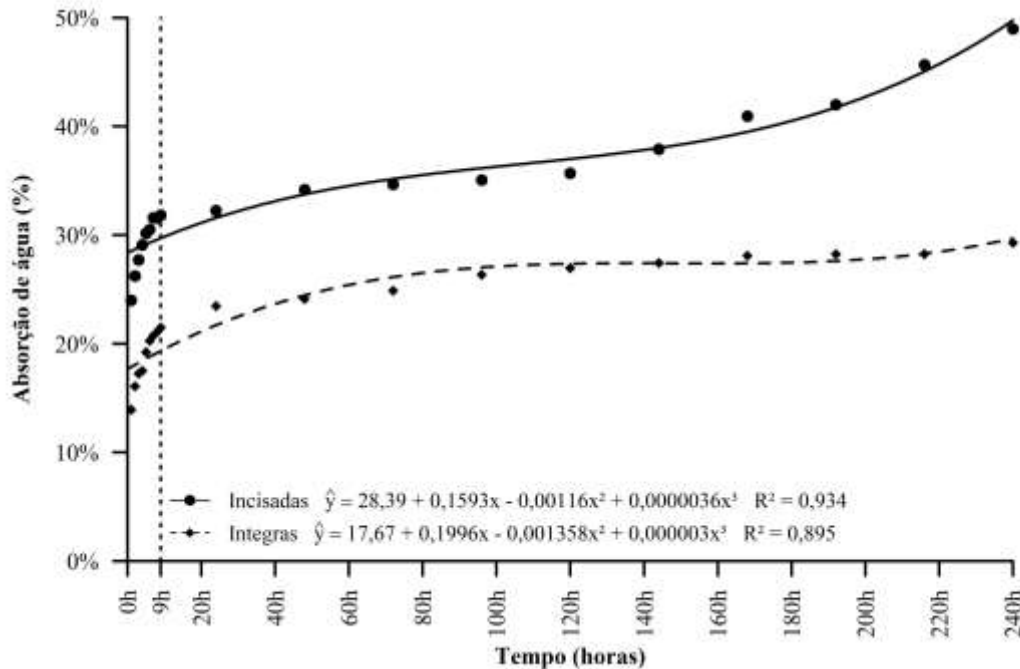
As sementes de *P. edulis* flavicarpa dispostas em substrato à 45% da capacidade de campo apresentaram emergência de plântulas iniciada aos 10 dias após semeadura (DAS) e atingiram 91% de emergência aos 28 DAS (Araújo et al., 2016).

A fase I, denominada embebição, ocorreu nas primeiras nove horas de observação, o que pode ser atribuído às forças intermoleculares, potenciais matricial e osmótico, destacando-se como um processo físico, independente da viabilidade ou dormência das sementes, desde que não seja uma dormência tegumentar causando impedimento de entrada de água. A fase II teve início após as primeiras nove horas de observação, é denominada de estacionária, pois ocorre em função do balanço entre o potencial osmótico e o potencial de pressão. Nessa fase a semente absorve água lentamente, e o eixo embrionário ainda não consegue crescer (Carvalho & Nakagawa, 2012; Taiz et al., 2017).

Passiflora mucronata Lam. é uma das espécies nativas presentes no Banco Ativo de Germoplasma (BAG) de *Passifloras* na área experimental da Universidade federal do Espírito Santo, em que são mantidas grande diversidade, sendo estudadas visando à identificação das mais promissoras, para incrementar a produção comercial e diversificação de usos. É uma espécie rústica e resistente a diversas doenças, com grande potencial para porta-enxertos no sistema produtivo do maracujazeiro comercial, tornando-se uma alternativa viável como método de controle de detecção de resistência e estudos sobre compatibilidade de enxerto com espécies comerciais para uso como porta-enxertos (Oliveira et al., 2020). Em *P. mucronata* (Figura 4), a fase III foi evidenciada por crescente absorção de água após 190 horas de estudo em sementes incisadas. O teor de água absorvido pelas sementes incisadas atingiu na primeira hora 24,3%, as nove primeiras horas 32,2 e 49,2% de absorção no final do período de embebição, mantendo uma diferença de 11; 12 e 19%, quando comparadas as

sementes integras. As curvas de embebição da espécie *P. mucronata* evidenciaram o padrão trifásico apenas quando as sementes foram submetidas à incisão lateral, evidenciando as duas primeiras fases.

Figura 4. Curva de absorção de água em sementes de *Passiflora mucronata* Lam., integras e incisadas, durante 240 horas.



Fonte: Autores.

A fase III não foi observada em quatro das cinco espécies estudadas, à exceção do *P. edulis* Sims, que ocorreu após 240 horas. Esta fase caracteriza-se pela retomada de absorção de água, culminando com a emissão da raiz primária, sendo variável entre as espécies.

Considerando o grande número de espécies de *Passiflora* e o crescente uso dessas espécies como recurso para programas de melhoramento de maracujazeiros e para fins ornamentais, medicinais e alimentares, é relevante trazer informações sobre a germinação de sementes e fornecer um estudo básico para aprofundar o refinamento do conhecimento sobre como superar a dormência e promover a germinação para espécies silvestres.

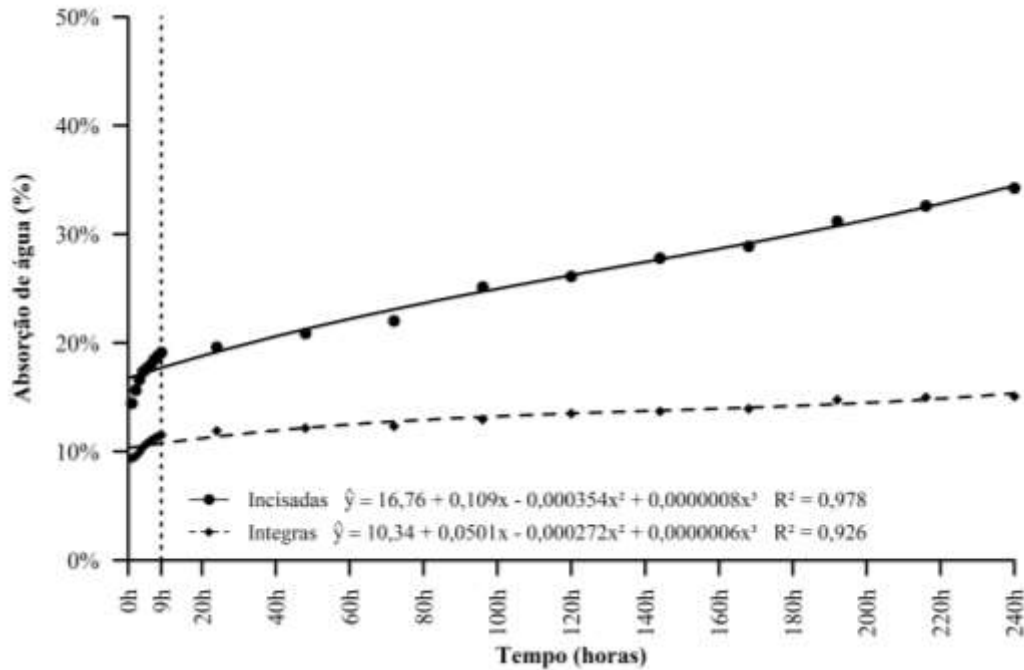
O conhecimento das condições ideais para a germinação de sementes, bem como a caracterização do processo germinativo são necessários para compreender as respostas diferenciadas que possam apresentar em função de fatores ambientais e genéticos. Respostas diferenciadas nessas fases podem estar associadas a outros fenômenos, como nas sementes de *Eryngium foetidum*, em que a presença do composto fenólico denominado cumarina determinou prolongamento da fase II, sendo caracterizado como um inibidor de germinação (Mozunder et al., 2017).

A reidratação dos tecidos pela absorção de água intensifica a respiração e a ativação das demais atividades metabólicas, que resultam no fornecimento de energia e de nutrientes necessários para o desenvolvimento do eixo embrionário, além de contribuir para o aumento da porcentagem de germinação (Araújo et al., 2016).

Para a espécie silvestre *P. alata* spp. (Figura 5) foi possível observar as duas fases iniciais de absorção de água nas curvas de embebição das sementes submetidas aos tratamentos, à exceção da fase III, em que não se pode visualizar a emissão da raiz primária, apenas aumento na absorção de água nas sementes incisadas. Com base no estudo das curvas de embebição

verificou-se que a espécie silvestre estudada apresenta sementes com dormência semelhante a espécie comercial *P. alata* Curtis.

Figura 5. Curva de absorção de água em sementes de *Passiflora alata* spp. integras e incisadas, durante 240 horas.



Fonte: Autores.

Para a espécie foi possível observar as duas fases iniciais de absorção de água nas curvas de embebição das sementes submetidas aos tratamentos, à exceção da fase III, em que não se pôde visualizar a emissão da raiz primária, apenas aumento na absorção de água nas sementes incisadas. Verificou-se que a espécie estudada apresentou sementes com dormência tegumentar, atingindo a diferença de 12% nas primeiras nove horas e alcançando o total de 23% no grau de umidade entre as sementes incisadas e integras ao final do estudo. Assim, a embebição pode variar em função da espécie considerada e até mesmo do cultivar apesar de ser imprescindível a influência do ambiente neste processo. As curvas de embebição dos lotes estudados foram bastante semelhantes, mantendo o padrão trifásico. A protrusão da raiz primária não ocorreu após 240 horas. Contudo, a contagem final da germinação de maracujazeiros silvestres foi realizada após 35 dias, em sementes submetidas a diferentes tratamentos (José et al., 2019).

Toda semente livre de dormência tegumentar, viável ou não, consegue realizar a primeira fase de embebição, que consiste de um mecanismo físico, no qual a absorção ocorre por diferença de potencial hídrico, matricial e osmótico da semente em relação ao meio (Carvalho & Nakagawa, 2012), enquanto a segunda fase, leg fase ou estacionária, na qual ocorrem os processos bioquímicos, a semente atinge todo o seu potencial fisiológico, caracterizado pela germinação e vigor (Bewley et al., 2013; Marcos-Filho, 2015), e como a protrusão da raiz primária não ocorreu neste período, sugere-se que sua germinação seja lenta e desuniforme. Resultados corroborados por aqueles observados em *Sapindus saponaria* L., em que a protrusão da raiz primária e a germinação final ocorreram após oito e 14 dias, respectivamente (Torres et al., 2020).

As sementes de *Sorghum arundinaceum* apresentaram baixa variação em suas características biométricas e a curva de embebição não evidenciou o padrão trifásico característico (Jakelaitis et al., 2016). O processo de embebição, bem como a caracterização de suas fases, necessita de estudos para as sementes recalcitrantes, uma vez que o teor de água dessas já é elevado quando iniciam a germinação (Leão-Araújo et al., 2019).

4. Conclusão

As sementes de *passifloras* respondem positivamente quando incisadas, sugerindo a presença de dormência tegumentar.

Sementes de *Passifloras* spp., seguem o padrão trifásico de absorção de água em que a fase I ocorre a 20 horas; a fase II após 20 a 180 horas e a fase III não foi evidenciada neste período de embebição.

Somente as sementes de *Passiflora edulis* Sims apresentam as três fases de embebição após 220 horas.

Existe uma necessidade notável de pesquisas que ajudem a estabelecer estratégias para reduzir a grande desuniformidade e baixo índice de germinação de sementes de maracujás que devem ser superadas, para melhorar a produtividade nas propriedades inseridas no sistema agrícola do maracujazeiro comercial, pois representa uma importante atividade econômica para a região sul do estado do Espírito Santo, explorada principalmente no contexto da agricultura familiar, oferecendo um rápido retorno econômico.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Universidade Federal do Espírito Santo pelo fornecimento de instalações e equipamentos disponibilizados à pesquisa; à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa de doutorado à primeira autora; ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo suporte financeiro e bolsas de produtividade em pesquisa ao segundo e terceiro autores e à Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo (FAPES), pela concessão de taxa de pesquisa ao segundo autor (Edital FAPES Nº 19/2018 – Taxa de pesquisa - Processo FAPES nº 82195510).

Referências

- Araujo, M. M. V., Fernandes, D. Á., & Camill, E. C. (2016). Emergência e Vigor de Sementes de Maracujá Amarelo em Função de Diferentes Disponibilidades Hídricas. *Revista Uniciências*, 20 (2), 82-87.
- Bewley, J. D., Bradford, K., Hilhorst, H., & Nonogaki, H. (2013). *Seeds: Physiology of Development, Germination and Dormancy*. (3rd ed). Springer.
- Brasil. *Regras para análise de sementes*. (2009). Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília, Distrito Federal.
- Cadorin, D. A., Villa, F., Dalastra, G. M., Heberle, K., & Rotili, M. C. C. (2017). Tratamentos Pré-germinativos em Sementes de Granadilha (*Passiflora ligularis*). *Revista de Ciências Agroveterinárias*, 16, (3) 256-261.
- Carvalho, N. M., & Nakagawa, J. (2012). *Sementes: Ciência, Tecnologia e Produção*. (5a ed.), FUNEP, 590 p.
- Coelho, E. M., Azêvedo, L. C., & Umsza-guez, M. A. (2016). Fruto do maracujá: Importância Econômica e Industrial, Produção, Subprodutos e Prospecção Tecnológica. *Cadernos de Prospecção*, 9, (3), 347-361.
- Faleiro, F. G., Junqueira, N. T. V., Junghans, T. G., Jesus, O. N., Miranda, D., & OtonI, W. C. (2019). Advances in Passion fruit (*Passiflora* spp.) Propagation. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 41, (2), e-155.
- Guollo, K., Menegatti, R. D., Debastiani, A. B., Possenti, J., & Navroski, M.C. (2016). Biometria de Frutos e Sementes e Determinação da Curva de Embebição em Sementes de *Mimosa scabrella* Benth. *Revista Cultivando o Saber*, 9(1), 1- 10.
- Ibge. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2021). [http://www.cnpmf.embrapa.br/Base_de_Dados/index_pdf/dados/brasil/maracuja/b1_maracuja .pdf](http://www.cnpmf.embrapa.br/Base_de_Dados/index_pdf/dados/brasil/maracuja/b1_maracuja.pdf).
- Ista. *International Rules for Seed Testing*. (2017). Bassersdorf: International Seed Testing Association, 296 p.
- Jakelaitis, A., Martins, D. A., Silva, L. A., & Sales, J. F. (2016). Biometria, Embebição e Tratamentos Pré-germinativos em Sementes de Capim Falso-massambará. *Cultura Agrônômica*, 25, (2), 187-198.
- José, S. C. B. R., Salomão, A. N., Melo, C. C., Cordeiro, I. M., & Gimenes, M. A. (2019). *Tratamentos Pré-germinativos na Germinação de Sementes de Maracujás Silvestres*. Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento.
- Leão-araújo, E. F., Santos, W. V., Ferreira, L. B. S., Ferreira, E. A. S., Gomes-júnior, F. G., Peixoto, N., & Souza, E. R. B. (2019). Embebição e Emissão da Raiz Primária de Sementes de *Campomanesia adamantium* em Função da Temperatura. *Revista de Ciências Agrárias*, 42, (2), 402-409.
- Marcos-filho, J. *Fisiologia de Sementes de Plantas Cultivadas*. (2015). Abrates, 659 p.

- Mozumder, S. N., Haque, M. I., Kamal, M. M., Akter, S., & Banik, B. R. (2017). Effect of Storage, Growth Regulator Treatment and Seed Priming on Germination of *Eryngium foetidum* L. *International Journal of Advanced Multidisciplinary Research*, 4(7), 16-21.
- Oliveira, P. A., Teixeira, A. G., Canal, G. B., Lima, P. A. M., Jacomino, G. R. L., Alexandre, R. S., & Lopes, J. C. (2020). Initial Growth of Clonal Seedlings of *Passiflora mucronata* Genotypes in Response to Paclobutrazol Concentrations. *Research, Society and Development*, 9, (12), e10891210862.
- Silva, A. L., Hilst, P. C., Dias, D. C. F. S., & Rogalski, M. (2019). Superação da Dormência de Sementes de *Passiflora elegans* Mast. *Revista Verde*, 14(3), 406-411.
- Silva, A. R., Leão-araújo, E. F., Rezende, B. R., Santos, W. V., Santana, H. A., Silva, S. C. M., Fernandes, N. A., Costa, D. S., Mesquita, J. C. P. (2018). Modeling the Three Phases of the Soaking Kinetics of Seeds. *Agronomy Journal*, 111(1), 164-170.
- Taiz, L., Zeiger, E., Moller, I., & Murphy, A. (2017). *Plant Physiology and Development* (6a ed.), Artmed. 888 p.
- Torres, M. F. O., Dantas, S. J., Souza, J. L., Nunes, V. V., Calazans, C. C., Ferreira, O. J. M., Mann, R. S., Ferreira, R. A. (2021). Curva de Embebição e Viabilidade de Sementes de *Sapindus aponária* L. *Iheringia, Série Botânica*. 76, e2021016.