

## TESTE DE CONDUTIVIDADE ELÉTRICA INDIVIDUAL APLICADO EM SEMENTES DE ESPÉCIES FLORESTAIS

Karina Guollo<sup>1\*</sup>; Jean Carlo Possenti<sup>2</sup>; Erci Marcos Del Quiqui<sup>3</sup>; Marciele Felippi<sup>4</sup>; Aline Bernarda Debastiani<sup>5</sup>

SAP 14349      Data envio: 12/06/2016      Data do aceite: 20/07/2017  
Sci. Agrar. Parana., Marechal Cândido Rondon, v. 16, n. 3, jul./set., p. 374-382, 2017

**RESUMO** - A avaliação da condutividade elétrica é um dos testes mais rápidos na avaliação da qualidade e vigor de sementes, contudo, os estudos para espécies florestais são escassos. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi verificar a possibilidade de avaliação da qualidade fisiológica das sementes de diferentes espécies florestais pelo teste de condutividade elétrica individual em diferentes períodos de embebição das sementes. O material experimental foi composto por sementes das espécies *Gallesia integrifolia*, *Handroanthus chrysotrichus*, *Lonchocarpus campestris* e *Pterogyne nitens*. Foram utilizadas 80 repetições de uma semente, as quais foram postas em recipientes individualizados contendo 50 mL de água destilada. Foram avaliados os períodos de embebição 2, 4, 6, 8, 24 e 48 h. Os testes foram alocados em câmara germinadora tipo BOD com temperatura constante de 25 °C. O teste de condutividade elétrica individual se mostrou eficiente para avaliação da qualidade fisiológica das sementes. Os períodos de embebição mais adequados para avaliação da qualidade fisiológica das sementes, pelo teste de condutividade elétrica foram de 48 h para *G. integrifolia*, 2 h para *H. chrysotrichus* e 24 h para *L. campestris*.

**Palavras-chave:** amendoim-do-campo, indicador bioquímico, ipê-amarelo, pau-de-alho, rabo-de-bugio.

### *ELECTRICAL CONDUCTIVITY TEST APPLIED TO SEEDS OF FOREST SPECIES*

**ABSTRACT** - The evaluation of electrical conductivity is one of the fastest tests to evaluate quality and vigour of the seed, however, studies with forest species are scarce. Thus, the aim of this work was to verify the possibility to evaluate the physiological quality of forest seed species by the individual and massal electrical conductivity test in different soaking periods. The experimental material consisted of seeds of the *Gallesia integrifolia*, *Handroanthus chrysotrichus*, *Lonchocarpus campestris* and *Pterogyne nitens*. For the individual method, 80 repetitions of one seed were used, which were placed in individual containers containing 50 ml of distilled water. The evaluated soaking periods were 2, 4, 6, 8, 24 and 48 h. The tests were placed in a germinator BOD chamber with a constant temperature of 25 °C. Individual electrical conductivity test was efficient to evaluate the physiological quality of seeds. Periods of soaking best suited to evaluate the physiological quality of seeds, the electrical conductivity test were 48 h to *G. integrifolia*, 2 h to *H. chrysotrichus* and 24 h for *L. campestris*.

**Key words:** amendoim-do-campo, biochemical indicator, ipê-amarelo, pau-de-alho, rabo-de-bugio.

### INTRODUÇÃO

Muitas espécies florestais nativas ainda possuem inúmeras limitações pela falta de conhecimento quanto às características ecológicas, fisiológicas e morfológicas de suas sementes. Segundo Matos (2009) há uma crescente demanda por métodos rápidos e eficientes para a avaliação da qualidade fisiológica de sementes florestais.

Neste cenário, a utilização de sementes de alta qualidade é uma ferramenta importante, assegurando adequada população de plantas frente a variação de condições ambientais de campo, contribuindo para a produção e desenvolvimento (SCHEEREN et al., 2010).

Dentre os testes rápidos para verificação da qualidade das sementes está o teste de condutividade

elétrica. Segundo Marcos Filho (2015), o teste de condutividade elétrica é classificado como um teste bioquímico e é baseado na integridade das membranas celulares. O princípio do teste é que sementes menos vigorosas liberam mais solutos para o meio, pois a velocidade do restabelecimento das membranas durante a embebição é menor. A comparação entre os valores das leituras da liberação de solutos de diferentes lotes indica possíveis diferenças no vigor das sementes.

A avaliação da condutividade elétrica pode ser conduzida pelo método massal, bem como pelo método individual. O método individual foi criado para corrigir problemas na realização do teste em amostras com

<sup>1</sup>Engenheira Florestal pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná, UTFPR, doutoranda em Agronomia pela UTFPR, Paraná, Brasil. E-mail: [engkarinaguollo@hotmail.com](mailto:engkarinaguollo@hotmail.com). \*Autor para correspondência

<sup>2</sup>Dr. em Ciência e Tecnologia de Sementes pela Universidade Fernando Pessoa, UFP, professor na UTFPR

<sup>3</sup>Dr. em Agronomia pela Universidade Estadual de Maringá, UEM, professor na UEM

<sup>4</sup>Dra. em Engenharia Florestal pela Universidade Federal de Santa Maria, UFSM, professora na UTFPR

<sup>5</sup>Engenheira Florestal pela UTFPR, doutoranda em Engenharia Florestal pela UFPR

Teste de condutividade elétrica individual...

GUOLLO, K. et al. (2017)

sementes danificadas ou duras, que apresentam variações na capacidade de lixiviação dos solutos (SOUZA, 2007).

Conhecer as espécies florestais se torna primordial, contudo, é necessário que sejam desenvolvidas estratégias de preservação de áreas naturais, estabelecendo bancos de germoplasma e pomares de sementes, o que depende diretamente da qualidade fisiológica das sementes selecionadas. Portanto, salienta-se a importância da investigação científica na área de tecnologia de sementes, baseada em técnicas que visem a redução de custos e de tempo, padronização, aperfeiçoamento e estabelecimento dos métodos de análise, mantendo um alto nível de confiabilidade dos resultados.

Diante do exposto, o presente estudo objetivou elucidar o teste de condutividade elétrica individual em diferentes períodos de embebição para a avaliação da qualidade fisiológica de sementes florestais.

## MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram realizados no Laboratório de Análise de Sementes da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Dois Vizinhos, PR.

O material experimental foi composto por sementes das espécies *Gallesia integrifolia* (pau-de-alho), *Handroanthus chrysotrichus* (ipê-amarelo), *Lonchocarpus campestris* (rabo-de-bugio) e *Pterogyne nitens* (amendoim-do-campo).

As sementes foram coletadas a partir de árvores matrizes localizadas no Estado do Paraná, em áreas de preservação permanente, ou pequenos remanescentes florestais. Após a coleta foi realizada assepsia, deixando as sementes em solução de hipoclorito de sódio (1%) por 5 min, com enxágue em água corrente. Logo, a secagem foi realizada em estufa com circulação de ar forçada com temperatura de aproximadamente 30 °C durante 30 min. As sementes de pau-de-alho, que possuem expansão da parede do pericarpo em forma de ala, tiveram esta estrutura removida afim de que estas possam gerar resultado falso-positivo devido a possível liberação de substâncias orgânicas (tanino, microrganismos, etc.) para o meio aquoso, aumentando a condutividade elétrica.

O teste de condutividade elétrica (CE) foi realizado pelo método individual, sendo que foram avaliados os períodos de embebição em que as sementes foram submetidas (tratamentos) e os valores de condutividade obtidos, correlacionados com a germinação. As condições estabelecidas para a condução dos testes de CE (quantidade de água e temperatura) foram adaptadas de Krzyzanowski et al. (1999) e Flavio e Paula (2010).

Dessa forma, utilizaram-se 80 repetições com uma semente cada, postas em recipientes individualizados contendo 50 mL de água destilada, alocados em câmara germinadora tipo BOD com temperatura constante de 25 °C por seis períodos de embebição (2, 4, 6, 8, 24 e 48 h).

Após cada período de embebição, foi realizada a leitura da CE da solução na qual as sementes estavam imersas, utilizando-se um condutivímetro digital de bancada Mod CG 2000, com precisão de  $\pm 1\%$ . Os resultados foram expressos em  $\mu\text{S cm}^{-1}$  semente. Logo após a leitura, as sementes foram postas para germinar de forma ordenada onde o valor da CE dos lixiviados de cada

semente foi devidamente identificado por numeração da semente, para posteriormente serem correlacionadas com a germinação.

Para os testes de germinação foram utilizadas as condições estabelecidas por Lopes et al. (2015) para *G. integrifolia*; Martins et al. (2011) e Fantinel et al. (2013) para *H. chrysotrichus*; Lima et al. (2008) para *L. campestris* e Santos et al. (2008) para *P. nitens*. Foram consideradas germinadas as sementes que atenderam o critério botânico de germinação (emissão da radícula) (NONAGAKI et al., 2010).

O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado, em modelo unifatorial para os tratamentos (períodos de embebição: 2, 4, 6, 8, 24 e 48 h) com 80 repetições de uma semente.

Após a compilação, o conjunto de dados foi submetido ao teste de Lilliefors para a verificação da normalidade dos dados a partir de média e desvio padrão, logo, atendidas as pressuposições do modelo, procedeu-se a análise estatística.

Para a compreensão da dispersão dos resultados de CE adotou-se o gráfico do tipo “Box Plot” e tabela de classes, as quais apresentam os resultados das leituras individuais agrupados em intervalos de condutividade e comparados aos resultados de um teste de germinação, que forneceu a resposta do número de sementes germinadas (SG) e do número de sementes não germinadas (NG). Desta forma buscou-se obter um ponto de partição entre os valores de CE e os resultados da germinação dentro de cada período de embebição.

Foi realizada também a análise de correlação entre CE e germinação dentro de cada período de embebição. A interpretação do coeficiente de correlação se deu conforme apontado por Dancey e Reidy (2006), onde:  $r = 0$  indica que não há relação linear entre as variáveis;  $r = 0,10$  até  $0,30$  corresponde a uma correlação fraca;  $r = 0,40$  até  $0,60$  à correlação moderada;  $r = 0,70$  até  $1$ , à correlação forte (para ambos os casos, negativa ou positiva). Os testes aplicados foram considerados eficientes quando a correlação entre CE e germinação foi classificada como forte.

Ainda, foram ajustados modelos de regressão em uma análise de dispersão de dados levando-se em conta os resultados de CE e germinação em relação ao período de embebição.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 pode-se verificar que os períodos de embebição aplicados para teste de condutividade elétrica individual mostraram diferença significativa entre si para todas as espécies estudadas, portanto, rejeitou-se a hipótese de nulidade ( $H_0$ ) de que não houvesse diferença nas leituras de condutividade elétrica entre os tratamentos.

Com exceção da espécie *P. nitens*, o coeficiente de variação encontrado para as demais espécies foi baixo, mostrando um bom controle experimental. Salienta-se que a espécie *P. nitens*, além de apresentar um alto coeficiente de variação para os valores de CE, também apresentou o menor valor de F, assim, mostrando maior variação entre as repetições dentro de cada período de embebição.

**TABELA 1.** Coeficiente de variação e Teste F sobre testes de condutividade elétrica individual em função de diferentes períodos de embebição de sementes florestais.

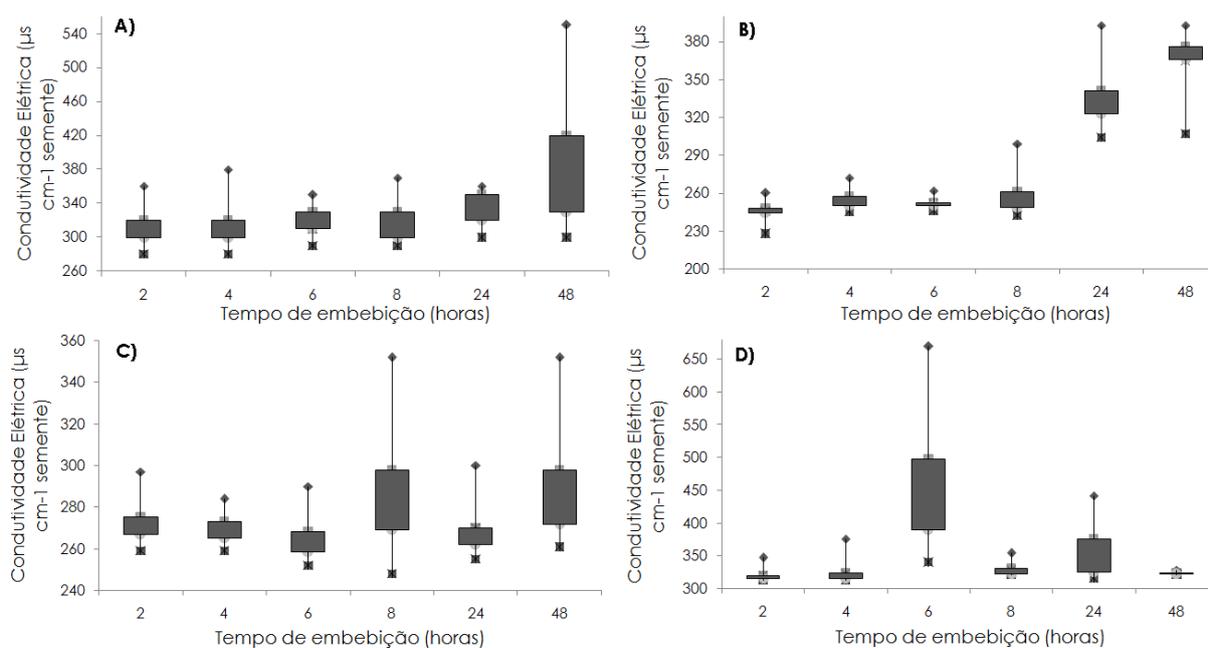
Espécie	C.V. (%)	F
<i>Galesia integrifolia</i>	9,3	58,78**
<i>Handroanthus chrysotrichus</i>	3,9	1633,25**
<i>Lonchocarpus campestris</i>	5,4	37,87**
<i>Pterogyne nitens</i>	38,2	12,27**

Em que: \*\*significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < 0,01$ ); \*significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $0,01 \leq p < 0,05$ ); ns: não significativo; C.V.: coeficiente de variação; F: estatística do teste F.

Os dados relativos à CE individual da espécie *P. nitens* apresentaram o maior coeficiente de variação, não tendo uma distribuição normal, devido à grande diferença entre as leituras das repetições. Valores discrepantes para CE são possíveis de serem encontrados, quando se adota a metodologia individual para o teste. Segundo Marcos Filho (2015), as sementes menos vigorosas resultam em maiores leituras de CE. Como a leitura, neste caso, foi de forma individual, explica-se esta variação. Houve desta maneira a

necessidade de transformação ( $\text{Arco seno} \sqrt{(x/100)}$ ) destes dados apenas para esta espécie.

Dado que o tempo de embebição das sementes foi significativo, apresenta-se na Figura 1 a dispersão dos dados dentro dos períodos de embebição em gráficos do tipo Box-plot. Através do Box-plot pode-se observar como as variáveis estão distribuídas em relação à homogeneidade dos dados, valores de tendência central, valores máximos e mínimos (BONELL et al., 2010).

**FIGURA 1** - Dispersão dos dados de condutividade elétrica em diferentes períodos de embebição de sementes: *Galesia integrifolia* (A); *Handroanthus chrysotrichus* (B); *Lonchocarpus campestris* (C); e *Pterogyne nitens* (D).

Para *G. integrifolia* nota-se uma manutenção dos valores de CE até o período de 24 h de embebição das sementes, onde os valores dispersaram de 270 a 390  $\mu\text{s cm}^{-1}$  semente. Ao período de 48 h pôde-se observar uma maior variação da CE, indo de 290 a 550  $\mu\text{s cm}^{-1}$  semente, contudo, a maior concentração desses dados foi de 320 a 420  $\mu\text{s cm}^{-1}$  semente, sendo estes próximos à mediana (Figura 1A).

Pode-se observar na Figura 1B para a espécie *H. chrysotrichus* grande diferença dos valores de CE entre os períodos de embebição. Os valores máximos foram observados nos períodos de 24 e 48 h, chegando a

aproximadamente 400  $\mu\text{s cm}^{-1}$  semente, contudo, os dados se concentraram em torno da mediana.

Para *L. campestris* observa-se um pico de CE nos períodos de 8 e 48 h de embebição, mas que não foram maiores de 360  $\mu\text{s cm}^{-1}$  semente (Figura 1C), abaixo do encontrado para as demais espécies. Nesses mesmos períodos também pode ser observado que os dados também se concentraram em torno da mediana.

Sabe-se que o valor da CE se dá em função da quantidade de íons lixiviados, o que está relacionado com a integridade das membranas celulares. Desta forma, membranas mal estruturadas e células danificadas estão, geralmente, associadas com o processo de deterioração da

semente, ou seja, com sementes de baixo vigor. Desta forma, sementes com maiores danos em seus tecidos tendem a liberar mais íons, proporcionando assim, uma maior CE na solução de embebição.

*P. nitens* foi a espécie que apresentou maior CE para o método de avaliação individual (Figura 1D), que pode ser observada no período de 6 h de embebição. O pico de CE observado no período de 6 h chegou a 670  $\mu\text{s cm}^{-1}$  semente, contudo os dados se concentraram na maior parte entre 400 e 500  $\mu\text{s cm}^{-1}$  semente, próximos à mediana.

Em sementes que apresentam menores valores de CE (alto vigor), a reorganização das membranas acontece com maior rapidez, fazendo com que a liberação de exsudatos diminua até praticamente ser nula, ao contrário do que acontece com as sementes menos vigorosas (MARCOS FILHO, 2015). Esse evento pôde ser observado para a espécie *P. nitens*, a qual apresentou um acréscimo da CE até o período de 6 h, e em seguida baixando aos valores iniciais.

Além do período de embebição das sementes, é sabido que outros fatores podem exercer influência sobre os resultados do teste de CE, como a temperatura do ambiente de exposição do teste, teor de água da semente, genótipo, presença de danos mecânicos e injúrias nas sementes e a idade das sementes.

Dessa forma, pode-se enfatizar que os testes de CE devem ser estabelecidos especificamente para cada espécie, devido às diferenças encontradas entre as mesmas. Existem variações na capacidade de absorção para cada tipo de semente, devido à sua forma, tamanho e

funcionalidade dos poros, controle da troca de água, material ceroso que constitui a epiderme do tegumento e o grau de aderência da testa ao cotilédone. Todas estas características morfológicas do tegumento da semente podem ser levadas em consideração no que se diz respeito ao tempo de embebição das sementes.

A padronização de um valor de CE denominado ponto de partição, é determinado de acordo com o comportamento de cada espécie. Assim, separam-se as sementes viáveis de sementes não viáveis, quando estas apresentarem condutividade abaixo ou acima desse ponto de partição, respectivamente.

Dentro desse contexto, observou-se grande variabilidade de dados entre as espécies, o que não permitiu o estabelecimento de um único intervalo de CE para todas as espécies. Assim, são abordadas em sequência para cada espécie, tabelas de classe, as quais possam mostrar com maior clareza os valores de CE encontrados para sementes germinadas (SG) e sementes não germinadas (NG).

Para *G. integrifolia* (Tabela 2) os intervalos de CE para SG e NG pode ser nitidamente observado no período de 48 h de embebição. Nota-se que a CE aumenta conforme se diminui a germinação e vice-versa, revelando que existe uma tendência de baixos valores de CE, tendo uma melhor correlação com a germinação. As SG (49%) foram identificadas dentro do intervalo de CE de 281 a 380  $\mu\text{s cm}^{-1}$  semente, e as NG (40%) foram identificadas no intervalo de 381 a 560  $\mu\text{s cm}^{-1}$  semente, sendo que 11% de NG apresentaram mesmo valor de CE que SG.

**TABELA 2.** Tabela de classes para classificação de sementes germinadas (SG) e não germinadas (NG) em diferentes períodos de embebição de sementes de *Gallesia integrifolia*.

Intervalos de CE ( $\mu\text{s cm}^{-1}$ semente)	SG	NG	SG	NG	SG	NG	SG	NG	SG	NG	SG	NG
	2 horas		4 horas		6 horas		8 horas		24 horas		48 horas	
261- 280	5	-	4	1	-	-	-	-	-	-	-	-
281- 300	23	2	18	15	8	13	23	5	5	2	1	-
301- 320	44	16	38	7	38	10	23	19	20	10	20	-
321- 340	5	-	10	1	24	5	18	7	15	20	15	2
341 - 360	4	1	6	-	2	-	1	2	15	13	9	1
361 - 380	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	4	8
381 - 400	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10
401 - 420	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7
421- 440	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5
441 - 460	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3
461 - 480	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5
481- 500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3
501- 520	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4
521 - 540	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
541 - 560	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3

Para sementes de *H. chrysotrichus* (Tabela 3) no período de 8 h, cerca de 74% de SG foram observadas no

intervalo de CE de 241 a 260  $\mu\text{s cm}^{-1}$  semente e 24% de NG encontram-se entre 261 a 300  $\mu\text{s cm}^{-1}$  semente, sendo

Teste de condutividade elétrica individual...

GUOLLO, K. et al. (2017)

que apenas 2% de SG se encontram na transição de classe para NG. Dessa forma, há indícios de um ponto de partição nesse momento de transição de classes.

Como mostra a Tabela 4, sementes de *L. campestris* apresentaram valores semelhantes de CE na maioria dos períodos de embebição analisados. Contudo,

às 24 h, nota-se uma transição entre os intervalos de CE 280 para 281  $\mu\text{s cm}^{-1}$  semente, em que houve aumento da CE e diminuição da quantidade de SG para 1%, enquanto NG tiveram um acréscimo de 18%. Podendo nesse momento ser identificado um ponto de partição para o lote de sementes analisado desta espécie.

**TABELA 3.** Tabela de classes para classificação de sementes germinadas (SG) e não germinadas (NG) em diferentes períodos de embebição de sementes de *Handroanthus chrysotrichus*.

Intervalos de CE ( $\mu\text{s cm}^{-1}$ semente)	SG	NG	SG	NG	SG	NG	SG	NG	SG	NG	SG	NG
	2 horas		4 horas		6 horas		8 horas		24 horas		48 horas	
221- 240	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
241- 260	86	11	79	9	86	10	74	-	-	-	-	-
261 - 280	-	-	11	1	2	2	2	15	-	-	-	-
281 - 300	-	-	-	-	-	-	-	9	-	-	-	-
381 - 400	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
301- 320	-	-	-	-	-	-	-	-	-	19	-	4
321- 340	-	-	-	-	-	-	-	-	-	49	-	16
341 - 360	-	-	-	-	-	-	-	-	-	31	-	-
361 - 380	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	74
381 - 400	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	6

**TABELA 4.** Tabela de classes para classificação de sementes germinadas (SG) e não germinadas (NG) em diferentes períodos de embebição de sementes de *Lonchocarpus campestris*.

Intervalos de CE ( $\mu\text{s cm}^{-1}$ semente)	SG	NG	SG	NG	SG	NG	SG	NG	SG	NG	SG	NG
	2 horas		4 horas		6 horas		8 horas		24 horas		48 horas	
241- 260	-	2	5	4	30	8	2	-	12	-	-	-
261- 280	63	28	58	24	50	-	30	13	68	1	43	-
281 - 300	7	-	7	2	10	2	25	9	1	18	35	1
301 - 320	-	-	-	-	-	-	15	-	-	-	10	3
321- 340	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	3	-
341- 360	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	5	-

O estabelecimento de pontos de partição para as espécies analisadas no presente estudo, não estima o nível de vigor das sementes, de forma que sementes que germinam apresentam mesma CE das sementes não germinadas. Assim, pode-se inferir que a análise da CE individual serve de apoio ao estudo detalhado do comportamento da semente, verificando o processo de deterioração na redução do padrão de germinação da espécie.

Conforme demonstrado na Tabela 5, para sementes de *P. nitens*, houve um indício de ponto de partição no período de 6 h de embebição. Até 500  $\mu\text{s cm}^{-1}$  semente, podem ser observadas 42% de SG e a partir desse momento, 26% das NG foram observadas com valores de CE de 501 a 680  $\mu\text{s cm}^{-1}$  semente. Contudo, 32% das NG apresentaram mesmos valores de CE que SG, não podendo ser definido com clareza um ponto de partição.

Pelos resultados observados é possível salientar alguns aspectos quanto ao estabelecimento de pontos de partição. Sabe-se que o teste de CE para uma determinada espécie pode ser adequado quanto às características de tempo de embebição, quantidade de água, temperatura durante a execução do teste, entre outros. Porém, o ponto de partição é variável dentro de uma mesma espécie, podendo ser tomado em consideração devido ao fato de que cada lote de sementes possui características específicas (física, fisiológica, genética e sanitária) o que afeta diretamente os valores de CE encontrados e que, por sua vez, não pode ser aplicado de uma forma geral para a espécie. Dessa forma, o ponto de partição de CE é um dado importante que pode ser definido no momento da entrada do lote em laboratório, de forma como são tomadas outras características (teor de água, peso de mil sementes, percentual germinativo, etc.) específicas para cada lote e não para uma espécie em geral.

Teste de condutividade elétrica individual...

GUOLLO, K. et al. (2017)

Para medir o grau de associação entre as variáveis CE e germinação visando identificar o melhor período de embebição das sementes, foi aplicado o teste de correlação simples que será apresentado a seguir. A Tabela 6 mostra

os coeficientes de correlação entre CE e germinação pelo método individual em diferentes períodos de embebição de sementes.

**TABELA 5.** Tabela de classes para classificação de sementes germinadas (SG) e não germinadas (NG) em diferentes períodos de embebição de sementes de *Pterogyne nitens*.

Intervalos de CE ( $\mu\text{s cm}^{-1}$ semente)	SG	NG	SG	NG	SG	NG	SG	NG	SG	NG	SG	NG
	2 horas		4 horas		6 horas		8 horas		24 horas		48 horas	
301- 320	40	42	25	15	-	-	-	-	11	6	-	-
321- 340	-	10	29	24	1	-	41	54	10	20	43	57
341 - 360	3	5	1	2	14	-	-	5	9	10	-	-
361 - 380	-	-	1	3	5	2	-	-	11	4	-	-
381 - 400	-	-	-	-	5	-	-	-	-	11	-	-
401 - 420	-	-	-	-	1	9	-	-	-	2	-	-
421- 440	-	-	-	-	2	6	-	-	-	3	-	-
441 - 460	-	-	-	-	4	5	-	-	-	3	-	-
461 - 480	-	-	-	-	5	9	-	-	-	-	-	-
481- 500	-	-	-	-	5	1	-	-	-	-	-	-
501- 520	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-
521 - 540	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-
541 - 560	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-
561- 580	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-
581 - 600	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-
601 - 620	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
621 - 640	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-
641 - 660	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-
661 - 680	-	-	-	-	-	5	-	-	-	-	-	-

**TABELA 6.** Coeficientes de correlação (r) entre condutividade elétrica e germinação pelo método individual em diferentes períodos de embebição de sementes.

Espécie	Tempo (horas)					
	2	4	6	8	24	48
<i>Gallesia integrifolia</i>	0,0600	0,5037	0,2698	-0,0294	-0,0832	-0,7451
<i>Handroanthus chrysotrichus</i>	0,0200	-0,1971	-0,0716	-0,9155	0	0
<i>Lonchocarpus campestris</i>	0,3815	0,3112	-0,0403	0,1102	-0,9197	-0,1887
<i>Pterogyne nitens</i>	-0,13593	-0,1484	-0,5574	-0,2535	-0,2514	-0,0724

Quando uma semente não está viável ou com baixo vigor ocorre uma maior liberação de exsudatos, provocando o aumento da CE (MARCOS FILHO, 2015). Dessa forma, a correlação que deve ser observada para comprovar a relação entre as variáveis deve ser negativa, pois conforme se aumenta a CE diminui-se a germinação (inversamente proporcional) e uma correlação forte pode explicar tal relação. Valores próximos a menos um (-1) significam condições ideais de associação entre os testes, o que ajuda na determinação do período em que a CE deva ser conduzida.

Para *G. integrifolia* o período de embebição mais adequado foi de 48 h, com uma correlação forte. Esse resultado justifica os dados apresentados na Tabela 6.

Sementes de *H. chrysotrichus* apresentaram melhor correlação entre CE e germinação no período de 8 h de embebição, sendo uma correlação forte. Resultado esse que corrobora com os dados mostrados anteriormente na Tabela 3, em que o intervalo ideal de CE entre SG e NG também está dentro do período de 8 h, sendo que após este período a correlação foi nula.

Para *L. campestris* o melhor período observado para embebição das sementes foi por 24 h, mostrando uma correlação forte, corroborando com os dados elucidados na Tabela 4, mostrada anteriormente.

Para a espécie *P. nitens* nenhum período de embebição apresentou forte correlação, mas no período de 6 h de embebição observa-se uma correlação moderada, corroborando com os dados apresentados na Tabela 5.

A correlação simples apresentada entre as variáveis CE e germinação, pode confirmar os dados apresentados nas tabelas de classe de CE (Tabelas 2 a 5), as quais separam em classe de CE as SG e NG. Desta forma, puderam-se consolidar os resultados encontrados e estabelecer os melhores períodos de embebição das sementes das espécies estudadas para aplicação do teste de CE para a avaliação da qualidade fisiológica das sementes de forma satisfatória.

Logo, é importante analisar a forma da relação entre CE e germinação, e isto se dá através da análise de regressão em função do período de embebição. Dessa forma, aplicou-se a regressão polinomial para definição de um modelo de equação que explicasse a CE e a germinação em função do tempo de embebição para todas

as espécies estudadas. Assim, as equações obtidas permitem a estimativa da CE esperada para cada período de embebição. Em contrapartida, foi aplicada a análise de regressão também para a germinação em função do tempo de embebição, possibilitando assim uma melhor visualização do comportamento das variáveis de forma que se pode relacioná-las e compará-las.

O modelo estatístico quadrático foi o que melhor explicou o comportamento da CE dos exsudatos e da germinação das sementes analisadas em função do tempo de embebição.

Para sementes de *G. integrifolia* (Figura 2) verificou-se que a elevação do período de embebição provocou aumento na lixiviação dos solutos para o meio, sendo que o período de 48 h foi o que proporcionou uma maior lixiviação destes solutos. Ainda pode-se analisar que a CE aumentou conforme se diminui a germinação, o que é desejável no estudo desses dados.

A análise de regressão para sementes de *H. chrysotrichus* (Figura 3) mostra que conforme a CE aumenta em função do período de embebição, diminuiu-se a germinação em função da liberação de exsudatos pelo rompimento das membranas celulares.

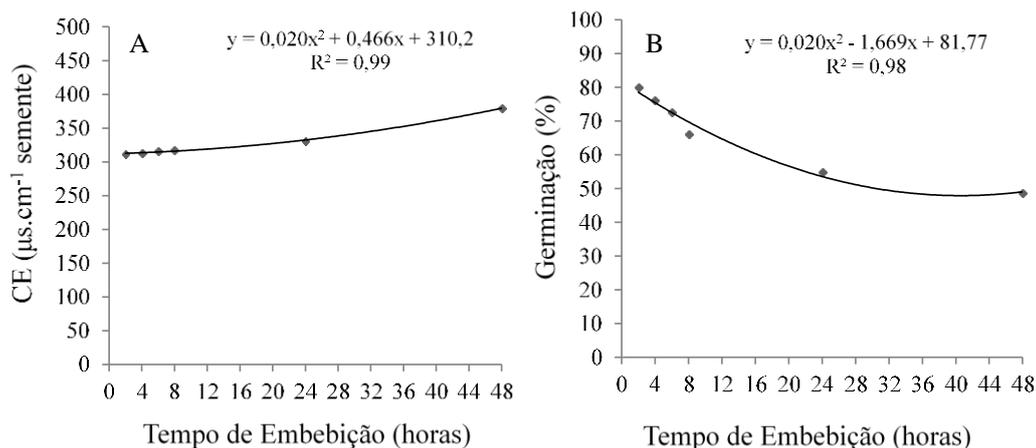


FIGURA 2 - Análise de regressão das variáveis condutividade elétrica (CE) (A) e germinação (B) em função do tempo de embebição de sementes de *Galesia integrifolia*.

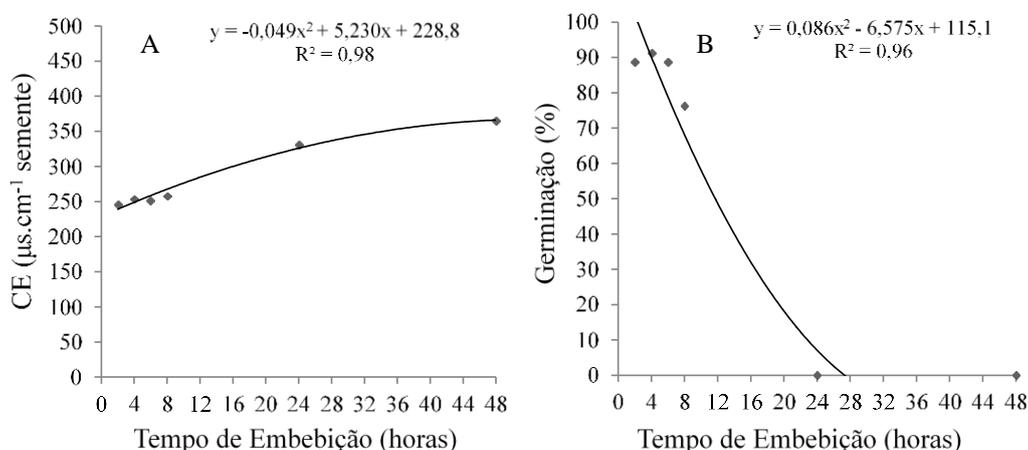
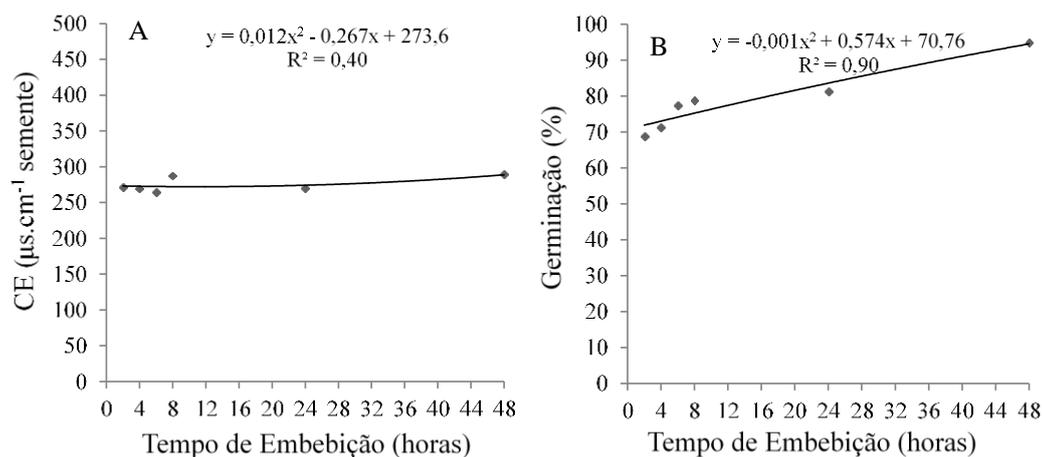


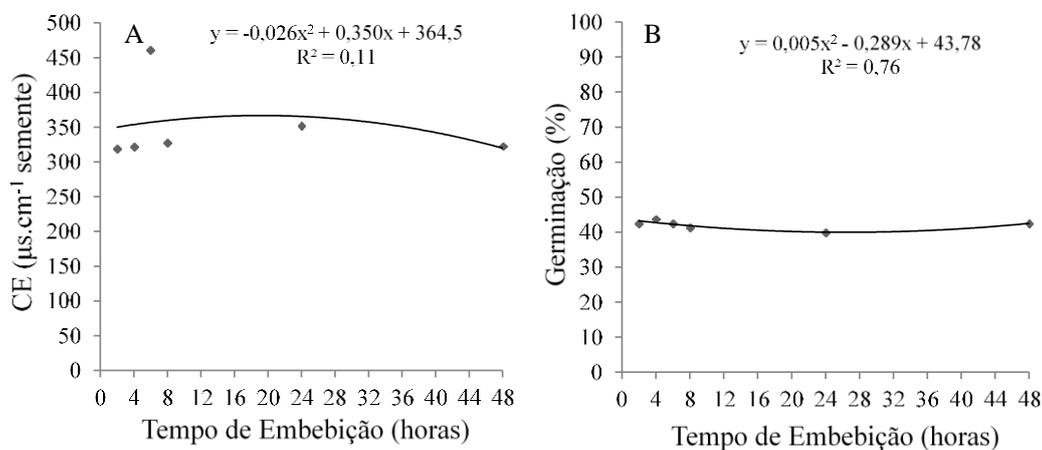
FIGURA 3 - Análise de regressão das variáveis condutividade elétrica (CE) (A) e germinação (B) em função do tempo de embebição de sementes de *Handroanthus chrysotrichus*.

Assim como no presente estudo, os testes de CE pelo método individual aplicados às sementes de *Anadenanthera falcata* (Angico - Fabaceae) foram compatíveis com o teste de germinação padrão (STALLBAUN et al., 2015). Os autores recomendam o uso deste método para a avaliação do vigor dessas sementes, apresentando facilidade de execução.

Para sementes de *L. campestris* (Figura 4) pode-se analisar que não houve grande variação da CE entre os



**FIGURA 4** - Análise de regressão das variáveis condutividade elétrica (CE) (A) e germinação (B) em função do tempo de embebição de sementes de *Lonchocarpus campestris*.



**FIGURA 5** - Análise de regressão das variáveis de condutividade elétrica (CE) (A) e germinação (B) em função do tempo de embebição de sementes de *Pterogyne nitens*.

O pico de condutividade no período de 6 h, mesmo com a germinação semelhante em todos os períodos, pode ter ocorrido devido ao fato de que algumas sementes com baixo vigor apresentam certa desorganização na estrutura das membranas celulares, e assim liberam grande quantidade de exsudato nas primeiras horas de embebição, logo, com a reorganização das membranas, ocorre a diminuição da liberação de exsudato, e por fim, podendo a semente dar início ao processo germinativo (MARCOS FILHO, 2015; RODRIGUES et al., 2006).

períodos de embebição enquanto que a germinação aumentou gradativamente.

A análise de regressão para sementes de *P. nitens* (Figura 5) mostra uma variação dos valores de leitura de CE, enquanto a germinação se manteve constante. Possivelmente o modelo da equação ajustada explicou apenas 11% da CE, devido ao alto valor de CV% encontrado no teste e a discrepância da CE encontrada no período de 6 h de embebição.

Pelo teste de CE individual, a qualidade da semente pode ser avaliada através da viabilidade e do vigor, os quais representam diferentes atributos da semente. Por fim, é importante salientar que o teste de CE individual é primordial no que se diz respeito a estabelecer metodologias para sementes, devido ao fato de que através dele seja possível comprovar as alterações da CE em diferentes condições encontradas nas sementes, e também justificar a eficiência do método massal.

## CONCLUSÕES

O teste de condutividade elétrica individual se mostrou eficiente para avaliação da qualidade fisiológica das sementes de *G. integrifolia*, *H. chrysotrichus* e *L. campestris*.

Os períodos de embebição mais adequados para avaliação da qualidade fisiológica das sementes foram de 48 h para *G. integrifolia*, 8 h para *H. chrysotrichus* e 24 h para *L. campestris*.

O teste de condutividade elétrica individual não se mostrou eficiente para avaliação da qualidade fisiológica das sementes de *P. nitens*, em nenhum dos períodos avaliados.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BONELL, M.; PURANDARA, B.K.; VENKATESH, B.; KRISHNASWAMY, J.; ACHARYA, H.A.K.; SINGH, U.V.; JAYAKUMAR, R.; CHAPPELL, N. The impact of Forest use and reforestation on soil hydraulic conductivity in the Western Ghats of India: Implications for surface and sub-surface hydrology. **Journal of Hydrology**, v.391, p.47-62, 2010.
- DANCEY, C.; REIDY, J. **Estatística sem matemática para psicologia**: usando SPSS para Windows. Porto Alegre, 2006.
- FANTINEL, V.S.; OLIVEIRA, L.M.; MUNIZ, M.F.B.; ROCHA, E.C. Detecção de fungos e transmissão de *Alternaria alternata* via sementes de ipê-amarelo, *Handroanthus chrysotrichus* Mattos. **Revista de Ciências Ambientais**, v.7, n.2, p.05-14, 2013.
- FLAVIO, J.J.P.; PAULA, R.C. Testes de envelhecimento acelerado e de condutividade elétrica em sementes de *Dictyoloma vandellianum* A. Juss. **Scientia Forestales**, v.38, n.87, p.391-399, 2010.
- GUIMARÃES, R.C.; SARFIELD CABRAL, J. **Estatística**. 2.ed. McGraw-Hill, Lisboa, 2007.
- KRZYŻANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANCA NETO, J.de.B. **Vigor de sementes**: conceitos e testes. Londrina: ABRATES, 1999. 218p.
- LIMA, V.V.F.; VIEIRA, D.L.M.; SEVILHA, A.C.; SALOMÃO, A.N. Germinação de espécies arbóreas de floresta estacional decidual do vale do rio Paraná em Goiás após três tipos de armazenamento por até 15 meses. **Biota Neotropica**, v.8, n.3, p.89-97, 2008.
- LOPES, J.C.; FREITAS, A.R.; BELTRAME, R.A.; VENANCIO, L.P.; MANHONE, P.R.; SILVA, F.R.N. Germinação e vigor de sementes de pau d'alho sob estresse salino. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v.35, n.82, p.169-177, 2015.
- MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Londrina: ABRATES, 2015. 659p.
- MARTINS, L.; LAGO, A.A.; CICERO, S.M. Qualidade fisiológica de sementes de *Tabebuia avellanedae* e *Tabebuia impetiginosa* submetidas à ultra-secagem. **Revista Brasileira de Sementes**, v.33, n.4, p.626-634, 2011.
- MATOS, J.M.M. **Avaliação da eficiência do teste de ph de exsudato na verificação de viabilidade de sementes florestais**. 2009. 75p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade de Brasília, Brasília, 2009.
- NONAGAKI, H.; BASSEL, G.W.; BEWLEY, J.D. Germination still a mystery. **Plant Science**, v.179, n.1, p.574-581, 2010.
- RODRIGUES, M.B.C.; VILLELA, F.A.; TILLMANN, M.A.A.; CARVALHO, R. Pré-hidratação em sementes de soja e eficiência do teste de condutividade elétrica. **Revista Brasileira de Sementes**, v.28, n.2, p.168-181, 2006.
- SANTOS, M.J.C.; NASCIMENTO, A.V.S.; MAURO, R.A. Germinação do amendoim bravo (*Pterogyne nitens* Tul) para utilização na recuperação de áreas degradadas. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.3, n.1, p.31-34, 2008.
- SCHEEREN, B. R.; PESKE, S. T.; SCHUCH, L. O. B.; BARROS, A. C. A. Qualidade fisiológica e produtividade de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v.32, n.3, p.35-41, 2010.
- SOUZA, L.A. **Teste de condutividade elétrica para avaliação da qualidade de sementes de mamona**. 2007. 53p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2007.
- STALLBAUN, P.H.; SOUZA, P.A.; MARTINS, R.C.C.; MATOS, J.M.M.; MOURA, T.M. Testes rápidos de vigor para avaliação da viabilidade de sementes de *Anadenanthera falcata*. **Enciclopédia Biosfera**, v.11, n.21, p.1834-1842, 2015.