

Sinalização elétrica em *Mimosa pudica* L. advinda da ESEC de Pirapitinga (ICMBio) após estímulos mecânicos

Electrical signaling of Mimosa pudica L. from ESEC of Pirapitinga (ICMBio) after mechanical stimuli

Wesley Ferreira do Prado

Graduando do curso de Engenharia Química (UNIPAM)

E-mail: wesleyfp@unipam.edu.br

Renato Ianhez

Professor orientador (UNIPAM)

E-mail: renatoia@unipam.edu.br

Resumo: A espécie *Mimosa pudica* L., sensível, possui um mecanismo de defesa que permite a movimentação de suas folhas quando estimuladas. Perturbações como ferimentos, herbívora ou pressões mecânicas podem evocar sinais de diferentes amplitudes nas plantas. Para analisar tais sinais, necessita-se de sistemas de aquisição de dados de alta sensibilidade. Dessa forma, verifica-se a eficiência de uma instrumentação de baixo custo nesse tipo de análise. São inseridos eletrodos Ag/AgCl no caule dos espécimes que, dentro de uma gaiola de Faraday, são amostradas as variações elétricas após estimulação por toque com uma haste isolada eletricamente. Através da instrumentação adotada, foi possível a amostragem desejada. Nesse trabalho, observou-se que o potencial elétrico de cada espécime variou individualmente, e a amplitude dos sinais evocados estão entre 41,3 mV e 101,3 mV.

Palavras-chave: *Mimosa pudica*. Sinalização elétrica. Instrumentação baixo custo. Eletrodo inserido.

Abstract: The sensitive species *Mimosa pudica* L. has a defense mechanism that allows the movement of its leaves when stimulated. Disturbances such as injuries, herbivores or mechanical pressures can evoke signals of different amplitudes in plants. To analyze such signals, high sensitivity data acquisition systems are required. Thus, the efficiency of low-cost instrumentation in this type of analysis is verified. Ag / AgCl electrodes are inserted into the stem of specimens that, within a Faraday cage, are sampled for electrical variations after touch stimulation with an electrically isolated rod. Through the instrumentation adopted, the desired sampling was possible. In this work, it was observed that the electrical potential of each specimen varied individually, and the amplitude of the evoked signals are between 41.3 mV and 101.3 mV.

Keywords: *Mimosa pudica*. Electrical signaling. Low-cost instrumentation. Inserted electrode.

1. INTRODUÇÃO

A espécie *Mimosa pudica* L., da família das *Fabaceae*, popular Dormideira, Arranha-gato, Não-me-toques, Sensitiva, Malícia ou Maria-fecha-porta, é um organismo com um complexo sistema de comunicação. Quando tocadas, perante déficit hídrico ou ao anoitecer, ocorre o recolhimento de suas folhas, pois órgãos específicos foram estimulados (FROMM; LAUTNER, 2006). Esse fenômeno foi observado anteriormente por Charles Darwin em 1897. Em seu livro *Insectivorous Plants*, descreve, com detalhes, os impulsos motores associados às folhas da *Drosera rotundifolia* L. Esse fenômeno decorre de diferentes sinais, classificados em elétricos, químicos e osmóticos, evocados pelos seres vivos (CAPELIN, 2016).

Fatores como temperatura, salinidade do solo, ferimentos, luminosidade, deficiência de nutrientes, ataque de pragas, pressões osmótica e mecânica são perturbações que, quando suficientemente grandes, transpassam o limiar de excitação e podem evocar sinais de diferentes amplitudes nas plantas (CAPELIN, 2016; DAVIES, 2006).

Tais impulsos se dividem em Potenciais de Ação (PA), Potenciais de Variação (PV) e Potencial Sistêmico (PS), classificados de acordo com amplitude dos sinais, rotas de propagação, intensidade e tempo de polarização e despolarização (CAPELIN, 2016; DAVIES, 2006).

Para a realização de estudos nesse âmbito, necessita-se de sistemas de aquisição de dados de alta sensibilidade devido a amplitude dos sinais, capazes de medir tensões de zero a 5 volts, integrado por equipamentos amplificadores, Microcontroladores e conversores digital/analógico e analógico/digital (BRAGA, 1991).

Da mesma forma que na medicina, os estudos eletrofisiológicos permitem o aperfeiçoamento de técnicas como a eletrocardiografia e a eletroencefalografia. Pesquisas utilizando-se de organismos vegetais podem favorecer setores ligados à produção agrícola e farmacológica (CAPELIN, 2016).

Este trabalho teve por objetivo verificar a possível utilização de um equipamento de baixo custo em análises eletrofisiológicas para verificar o comportamento elétrico associado aos movimentos foliares da *Mimosa pudica* L. tanto em condições típicas quanto em condições atípicas, por meio de perturbações mecânicas. Logo, a realização desse projeto fornecerá dados significativos a futuras pesquisas, além de ser uma importante ferramenta para o desenvolvimento e a tomada de caminhos racionais na elaboração de estratégias a favor ou contra a resistência vegetal em espécies como a *Mimosa pudica*, uma planta daninha.

2 REVISÃO LITERÁRIA

2.1. MIMOSA PUDICA E SINALIZAÇÃO ELÉTRICA

Por meio de sinais específicos, algumas espécies vegetais podem produzir movimentos em partes de sua estrutura. É o caso da *Mimosa pudica* (FROMM; LAUTNER, 2006). A popular dormideira é um indivíduo pertencente à família das

Fabaceae (subfamília *Mimosoideae*), de hábito-arbustivo, inflorescência-glomerular de cor rosa, fruto seco de placentação parietal e folhas bipinadas. São compostas por pulvinos, órgão de articulação associado à movimentação, que respondem mecanicamente ao toque e vibrações, pois se contraem quando estimulados, o que também ocorre durante o anoitecer (DAHMER *et al*, 2015).

Para Huber e Bauerle (2016), esses organismos possuem canais que conduzem informações a longas distâncias, célula por célula, possibilitando a resposta rápida e imediata ao estresse sofrido, existindo três diferentes formas de sinalização de distintas amplitudes: elétrica, química e hidráulica. Segundo ele, os sinais elétricos se propagam mais velozmente que os sinais químicos, por isso são importantes mecanismos associados à interação desses organismos a fenômenos bióticos e abióticos.

Assim, as sinalizações elétricas decorrem de um fluxo constante de íons (K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , H^+ e Cl^-) que atravessam, de forma passiva ou ativa, a membrana das células, estando aqueles em um estado de repouso quando as forças eletroquímicas se igualam dos dois lados dessa estrutura. No entanto, perturbações conseguem alterar a permeabilidade da membrana, acarretando desequilíbrio das forças e diferenças de potenciais que percorrem a extensão da planta (CAPELIN, 2016).

Embora o tema ainda não esteja totalmente elucidado, acredita-se que a razão de os organismos vegetais disporem de diferentes tipos de sinalização esteja ligada ao encargo de estes transmitirem informações específicas, já que, na maioria das vezes, a presença do PA está ligada a estímulos não prejudiciais, e a presença do PV, a estímulos ofensivos ou danosos. Contudo, por vezes esses eventos podem coexistir, o que é visto quando algumas plantas sofrem a queima de parte de sua estrutura, sinalizada tanto por meio do PA quanto por meio do PV (DAVIES, 2006; VOLKOV, 2006).

Em vista disso, Capelin (2016), Fromm e Lautner (2006) e Huber e Bauerle (2016) caracterizam o PA como sendo conduzido pelo o floema, agindo separadamente do xilema. Nesse tipo de condução elétrica, não há consumo energético após o início do impulso, já que a força eletromotriz dá-se pelo campo produzido pelo fluxo de íons na membrana. Logo, é um sinal de longo alcance e capaz de se despolarizar e se polarizar rapidamente. É capaz de atingir velocidades de até $20\text{--}30\text{ mm s}^{-1}$ e perdurar por aproximadamente 5 segundos, dados referentes à espécie *Mimosa pudica*, estimulada pelo toque ou em contato com água gelada (FROMM; LAUTNER, 2006).

Diferentemente dos valores encontrados para o Potencial de Ação, a velocidade atingida pelo Potencial de Variação decorrente de ferimentos no espécime, resulta em valores aproximados de $5\text{--}6\text{ mm s}^{-1}$ (FROMM; LAUTNER, 2006). Esse sinal possui um tempo de polarização mais longo que o PA, além de reduzir sua amplitude conforme a distância do local afetado aumenta. Ele pode estar ligado a estímulos como ferimentos, queima de órgãos, embolia ou ataque de insetos. É conduzido pelo xilema e, mesmo que pouco estudado, possivelmente resulta do influxo de água dentro das células (CAPELIN, 2016; FROMM, LAUTNER, 2006; HUBER, BAUERLE, 2016).

Por fim, o PS é o sinal menos comum e é caracterizado pela hiperpolarização da membrana, acreditando-se na sua auto propagação, sem a ativação de outros canais de condução além do H^+ -ATPase (CAPELIN, 2016; FROMM, LAUTNER, 2006; HUBER, BAUERLE, 2016).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 COLETA E TRATAMENTO DO MATERIAL BOTÂNICO

Para a elaboração deste estudo, entre os dias 15 e 17 de novembro de 2018 foram coletados os indivíduos jovens da espécie *Mimosa pudica*, sitos a 18°21'30.55" latitude Sul e 45°19'45.15" longitude Oeste, na Estação Ecológica (ESEC) de Pirapitinga. A instituição é gerida pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) em parceria com o Ministério do Meio Ambiente (MMA) e está situada às margens do Rio São Francisco, na fronteira dos municípios de Três Marias e Morada Nova de Minas, sendo a única ESEC no estado de Minas Gerais e uma das quatro do bioma Cerrado no país. Esse projeto foi devidamente autorizado pelo ICMBio e identificado pelo nº 64189.

Após as coletas, preservaram-se os espécimes em uma residência no município de Patos de Minas até o dia 5 de agosto de 2019, quando foram selecionadas 24 plantas alocadas em vasos de 3,8 L. Estas foram acondicionadas na Estufa de Vegetação do Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM) onde permaneceram para a execução dos ensaios. Foram empregados 7 indivíduos para as análises eletrofisiológicas, enumerados de P0 a P6; utilizou-se dos 17 restantes para herborização e como material reserva.

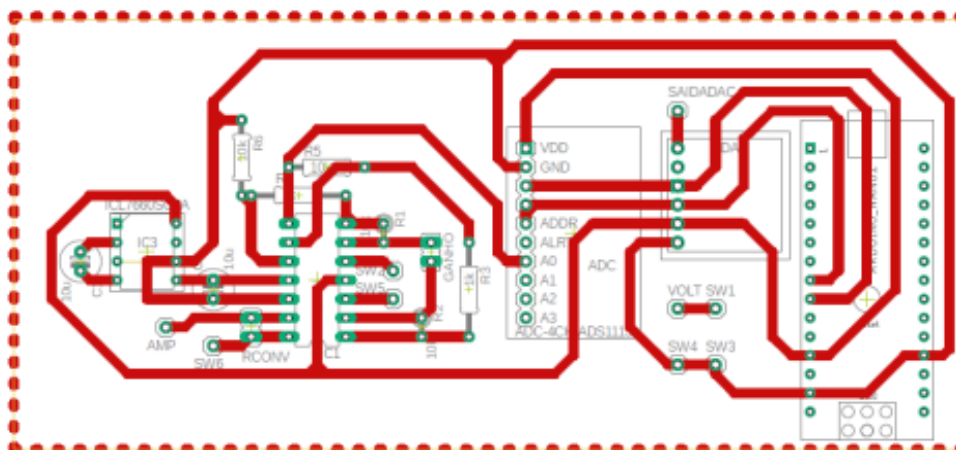
Durante todo período, os vasos foram alimentados em dias alternados com 500 ml de água ou até atingir a capacidade de campo. Ainda, de modo a facilitar o desenvolvimento dos espécimes, quinzenalmente fez-se uso de 500 ml de solução nutritiva preparada pelo Núcleo de Pesquisa em Fisiologia e Estresse de Plantas (NUFEP) do UNIPAM. A solução é adaptação de Johnson (1957), possuindo os seguintes sais: $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, KNO_3 , K_2HPO_4 , $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, FeDTPA , H_3BO_3 , MnSO_4 , ZnCl_2 , CuSO_4 e $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$.

A partir dos primeiros indivíduos que floresceram, houve a coleta de material botânico, que foi herborizado, e suas exsiccatas foram depositadas no Herbário *Mandevilla* sp. do UNIPAM. O mostruário da população pesquisada possui tombo com número de registro 140.15.2. e 140.15.3.

3.2 INSTRUMENTAÇÃO

3.2.1. Instrumentação de aquisição de dados SADLAB

A avaliação eletrofisiológica da *M. pudica* utilizou de instrumentação elaborada por Godinho e Ianhez (2019), por meio do Projeto SADLAB, empregando a função voltímetro do aparelho, descrita na Figura 1.

Figura 1. Circuito impresso da placa da instrumentação SADLAB.

Fonte: Elaborado pelos autores, 2020.

O equipamento possui alta sensibilidade e é capaz de medir tensões de zero até 5 Volts, sendo composto por um Microcontrolador Arduino Nano 3.0, com resolução de 5 V/ 210, com possibilidade de ajuste; uma placa ADS1115 como Conversor Analógico para Digital (ADC), com 16 bits de precisão, o equivalente a 5 V/216 e capacidade para 4 portas, com coleta de 800 dados por segundo; uma placa MCP4725 capaz de converter sinal Digital para Analógico (DAC), em resolução de 12 bits ou 5 V/212.

3.2.2 Eletrodos e Gaiola de Faraday

Os ensaios necessitaram, também, do preparo de eletrodos a partir de filamentos de Ag com 0,5 mm de diâmetro, os quais foram fixados a condutores elétricos por solda branca. Conforme a metodologia de Macedo (2015), houve a cloração do material para obtenção de eletrodos (Ag/AgCl), conectando-se a extremidade do eletrodo ao catodo de uma bateria de 9V e o anodo a um filamento de Ag, estando ambos submersos em solução de KCl 3M (Dinâmica Química). A avaliação da qualidade do instrumento ocorre por meio de um Multímetro Digital Fluke 17B+ pelo teste de resistência elétrica, devendo atingir valores próximos de zero para a melhor condução de sinais da planta (DANELUZZI, 2016). Os eletrodos utilizados possuíam resistência de $1,1\Omega \pm 0,10$.

Outro passo referiu-se à elaboração de uma Gaiola de Faraday, a fim de se reduzir a interferência de ondas eletromagnéticas de fundo (CAPELIN, 2016; MACEDO, 2015; DANELUZZI, 2016; SARAIVA, 2017). A estrutura foi construída para comportar um indivíduo na forma adulta nas dimensões de 150 cm de altura, 100 cm de comprimento e 60 cm de profundidade. O material utilizado foi o Metalon #20 envolto por tela galvanizada em malha BWG 22.

3.3 A COLETA DE DADOS

Para efeito avaliativo, as mudanças de potencial elétrico foram inicialmente aferidas em Multímetro Digital Fluke 17B+, havendo a posterior substituição pela instrumentação SADLAB nas análises efetivas. Em todos os ensaios, um eletrodo foi inserido no caule próximo ao pulvino da *M. pudica*, previamente higienizado com álcool 70%. Buscou-se penetrar todo o tecido vegetal para atingir os vasos condutores, necessitando-se aguardar, no mínimo, 15 horas para o início dos ensaios a fim de se restabelecerem as sinalizações (CAPELIN, 2016). O fechamento do circuito deu-se pela implantação da uma haste de cobre no vaso que, através de um condutor flexível de prata, foi conectada ao Ground do sistema de aquisição de dados (FROMM; LAUTNER, 2006) O esquema de captação de dados está representado na Figura 2.

Figura 2. Representação do esquema de eletrodos utilizados nas amostragens, a esquerda tem-se o eletrodo Ag/AgCl inserido no caule da *M. pudica*, a direita é mostrado o fechamento do circuito por uma haste de cobre inserida no solo úmido do vaso.



Fonte: Arquivo dos autores, 2020.

Pelo SADLAB, foram realizadas oito amostragens em indivíduos distintos, as quais ocorreram à frequência de 20 Hz em duas situações distintas: sem estímulos mecânicos e com estímulos mecânicos. Evocaram-se as perturbações por meio do toque imediato na extensão da planta, com uma haste isolada eletricamente.

Assim, os ensaios iniciaram-se pela amostragem sem estimulação por 3 minutos, havendo, em seguida, a captação de sinais com estimulação por período de 7 minutos e 30 segundos, de modo que o estímulo fosse evocado após os 30 segundos iniciais.

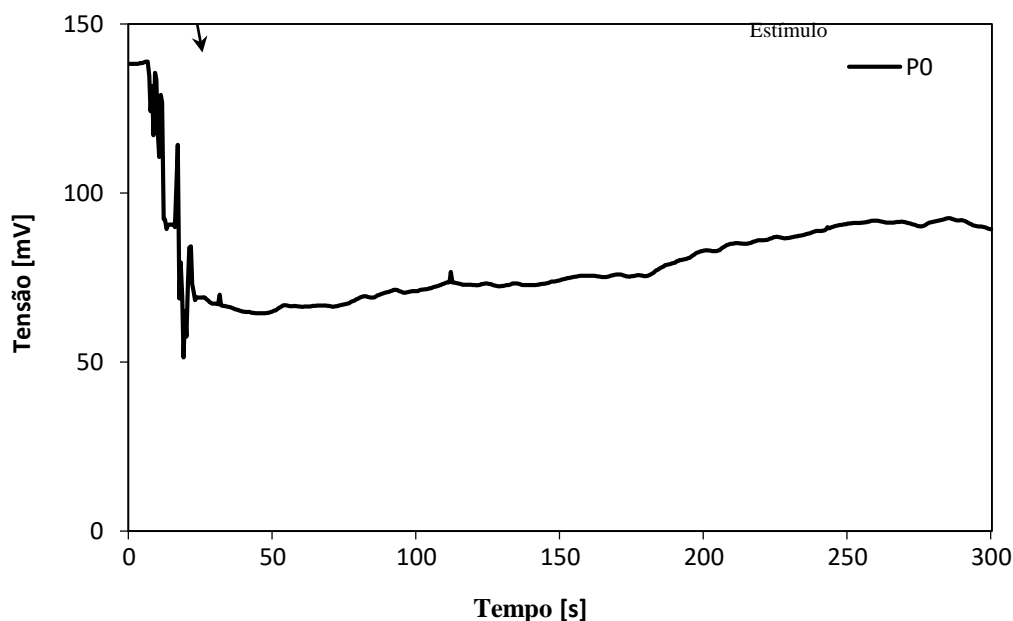
Os dados coletados pelo SADLAB foram enviados, em tempo real, por um cabo USB 2.0 a um computador onde foram registrados e organizados em planilhas de Excel e elaborados os materiais gráficos.

4 RESULTADOS

4.1. ENSAIO PRELIMINAR

O ensaio introdutório amostrado por período de 5 minutos e taxa de 2 Hz contou com o uso de um multímetro. O eletrodo foi inserido no raquis secundário do indivíduo P0, havendo estimulação após 10 segundos de coleta de dados. A Figura 3 expressa a mudança de potencial elétrico após estimulação dada em mV.

Figura 3. Amostragem preliminar de P0 com estímulo e aferido em multímetro a taxa de 2Hz

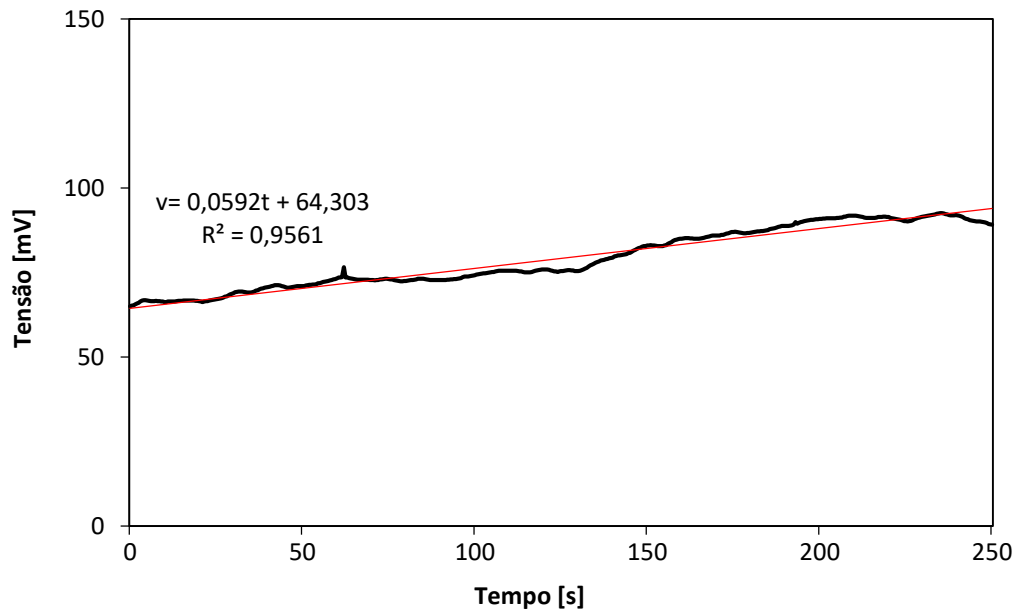


Fonte: Dados da pesquisa, 2000

A média da tensão inicial do espécime antes do estímulo foi de $135,7 \text{ mV} \pm 5,64$, no entanto, após a perturbação, houve imediata redução do potencial elétrico que, em aproximadamente 7 segundos, alcançou a tensão mínima de $51,4 \text{ mV}$. A amplitude do sinal, calculada pela diferença entre a tensão inicial e a tensão mínima, foi de $84,3 \text{ mV}$. Esses dados demonstraram que a instrumentação utilizada foi capaz de captar as alterações elétricas desejadas e comprovou a existência de mudança de potencial elétrico em *M. pudica* quando estímulos mecânicos foram evocados para o fechamento dos folíolos.

Adiante, verificou-se o tempo necessário para que o potencial elétrico fosse reestabelecido à tensão inicial. Utilizou-se da equação da reta, representada na Figura 4, obtida com os valores coletados 30 segundos após a tensão mínima.

Figura 4. Equação de reta para o reestabelecimento da tensão de início obtida após a estimulação em P0.



Fonte: Dados da pesquisa, 2020.

A função criada resultou na equação 1., que, quando substituída pela média da tensão inicial, retornou o tempo estimado de 20 minutos e 6 segundos. Esse foi teoricamente necessário para que houvesse o transporte dos íons pelas membranas das células da planta, gerando tensões próximas de antes da perturbação.

$$v = 0,0592t + 64,303 \quad (1).$$

Em que: v =tensão inicial; t =tempo para recuperação.

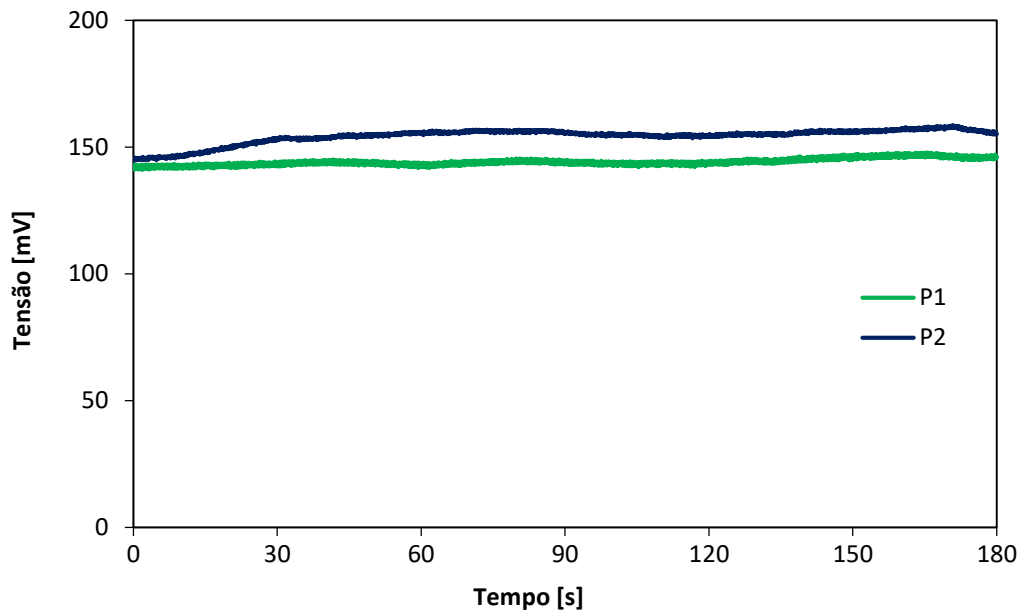
4.2 ENSAIOS ATRAVÉS DO SADLAB

As seis análises foram agrupadas aos pares de acordo com o tamanho dos espécimes. Para cada indivíduo, foram estabelecidos a média das tensões sem estímulo, o gráfico das mudanças de potencial elétrico com estímulo e, a partir desse, a equação de recuperação 30 segundos após a tensão mínima.

4.2.1 Plantas P1 e P2

A análise de P1 foi realizada à temperatura de 35°C em um dia nublado. A planta apresentava 87 cm de altura e 17 pecíolos. Enquanto isso, P2 estava a 33°C em dia ensolarado e apresentava 89 cm de altura e 11 pecíolos. Na Figura 5 estão representados os potenciais elétricos de ambas as plantas não perturbadas.

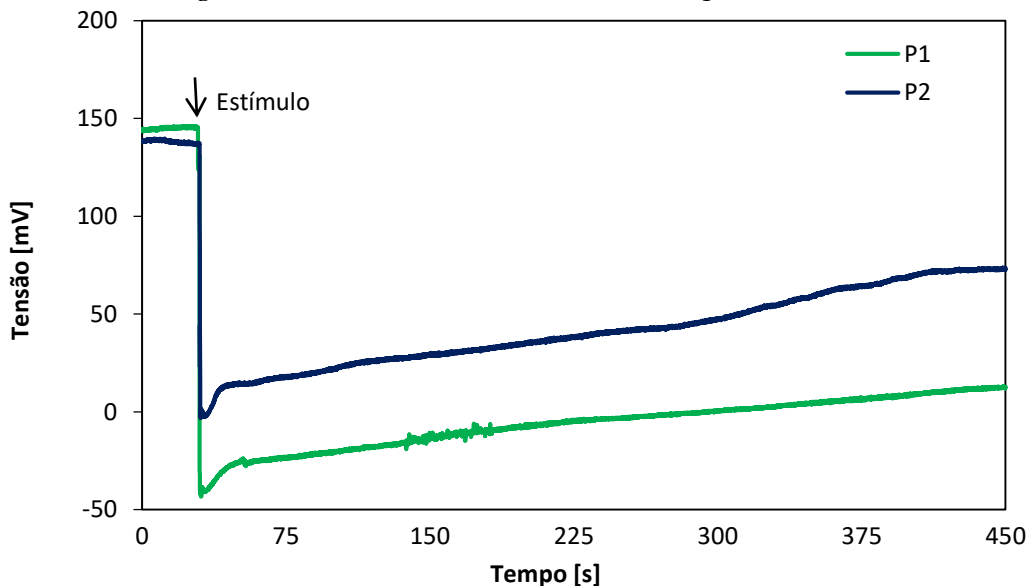
Figura 5. Potenciais elétricos de P1 e P2 sem estímulo e aferidos pelo SADLAB a taxa de 20 Hz.



Fonte: Dados da pesquisa, 2020.

Como nenhum estímulo foi evocado, verificou-se dispersão reduzida dos valores em ambas as análises. A média de tensões para P1 foi de 144,1 mV \pm 1,38, enquanto para P2 foi de 154,3 mV \pm 2,96. A Figura 6 apresenta o comportamento desse grupo quando estimulado.

Figura 6. Amostragem de P1 e P2 com estímulo e aferidos pelo SADLAB a taxa de 20 Hz.

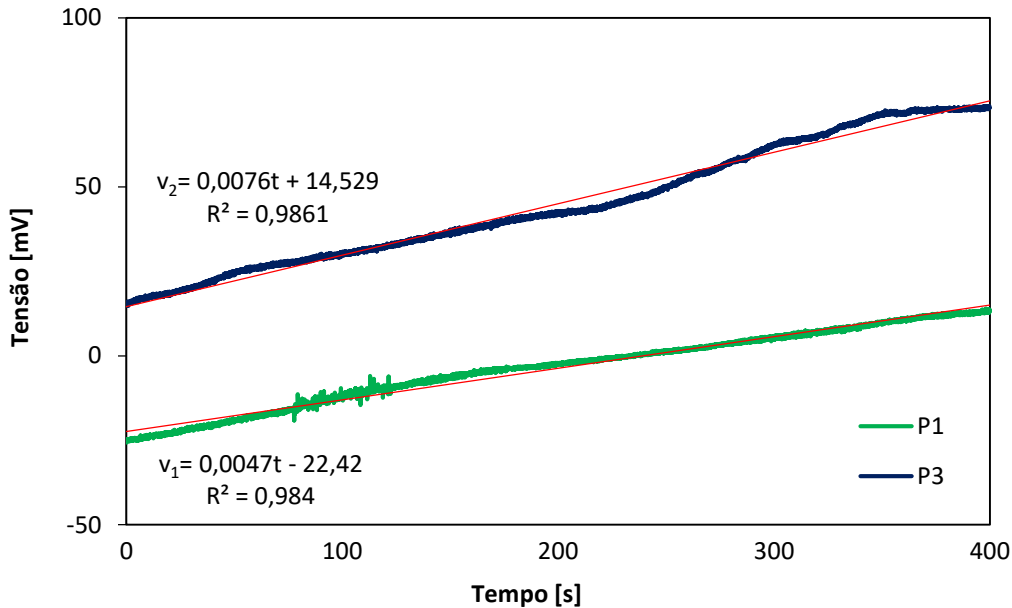


Fonte: Dados da pesquisa, 2020.

Diferentemente do apresentado pelas análises preliminares, no SADLAB a sensibilidade e a taxa de amostragem superiores permitiram a melhor observação dos

sinais evocados. Em ambas as análises, a despolarização foi de imediata percepção pelo aparelho. Em P1, após 0,95 segundos, foi atingida a tensão mínima de -43,3 mV; em P2, a tensão mínima de -3,0 mV foi atingida após 0,45 segundos. A amplitude do sinal para P1 foi de 100,8 mV e para P2 foi de 151,3 mV. Na Figura 7, estão representadas as equações de reta para os cálculos de recuperação do grupo.

Figura 7. Equações de reta para o reestabelecimento da tensão de início obtida após a estimulação em P1 e P2.



Fonte: Dados da pesquisa, 2020.

A equação 2 obtida para P1 quando substituída com a média da tensão sem perturbação retornou o tempo estimado de 9 horas, 50 minutos e 31 segundos para a recuperação do potencial elétrico. Já a equação 3 retornou 5 horas, 6 minutos e 27 segundos em P3.

$$v_1 = 0,0047t - 22,42 \quad (2).$$

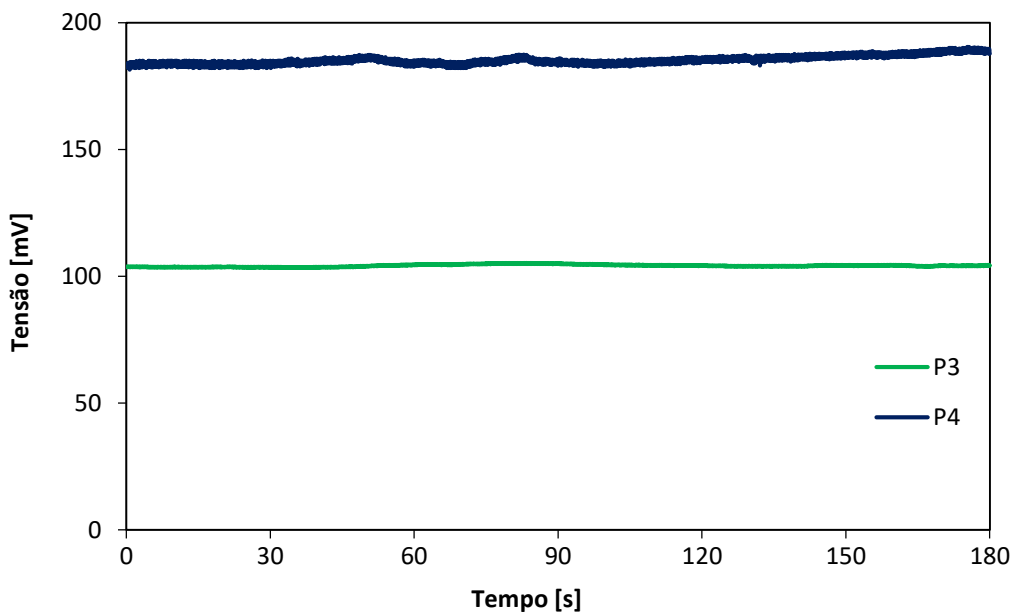
$$v_2 = 0,0076t + 14,529 \quad (3).$$

em que: v_i = tensão inicial; t = tempo para recuperação.

4.2.2 Plantas P3 e P4

Para a amostragem de P3, a temperatura no interior da estufa foi de 33°C em um dia ensolarado. A planta possuía 136 cm de altura e 10 pecíolos. Já P4 estava a 40°C em dia ensolarado, possuindo 132 cm de altura e 13 pecíolos. Na Figura 8 estão representados os potenciais elétricos de ambos os espécimes em estado não perturbado.

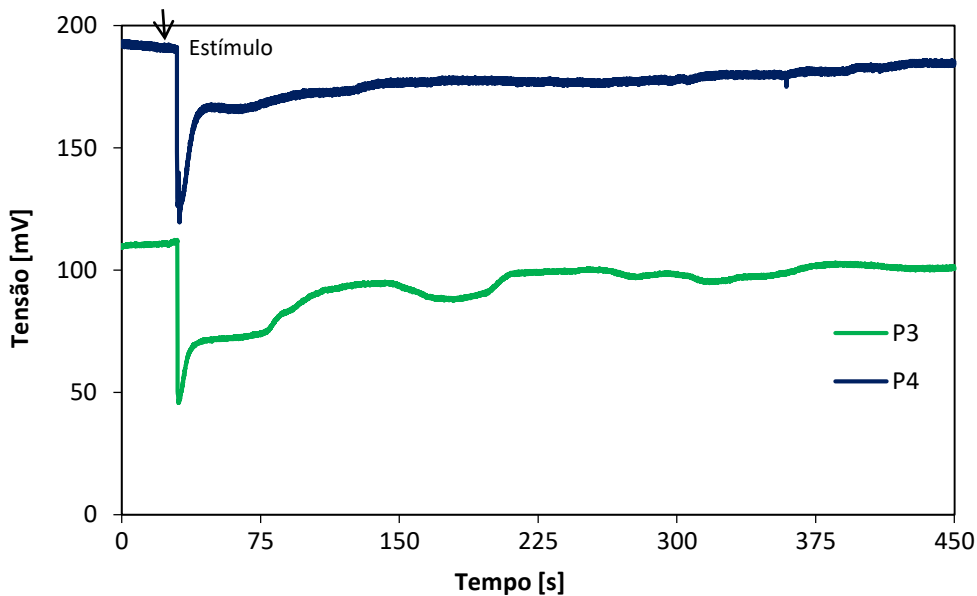
Figura 8. Potenciais elétricos de P3 e P4 sem estímulo e aferidos pelo SADLAB a taxa de 20 Hz.



Fonte: Dados da pesquisa, 2020.

Por meio dos valores apresentados, determinou-se que a média de tensões para P3 fosse de $104,2 \text{ mV} \pm 0,46$, enquanto para P4, de $185,3 \text{ mV} \pm 1,78$. Por meio da Figura 9, é possível observar o comportamento desse grupo quando estimulado.

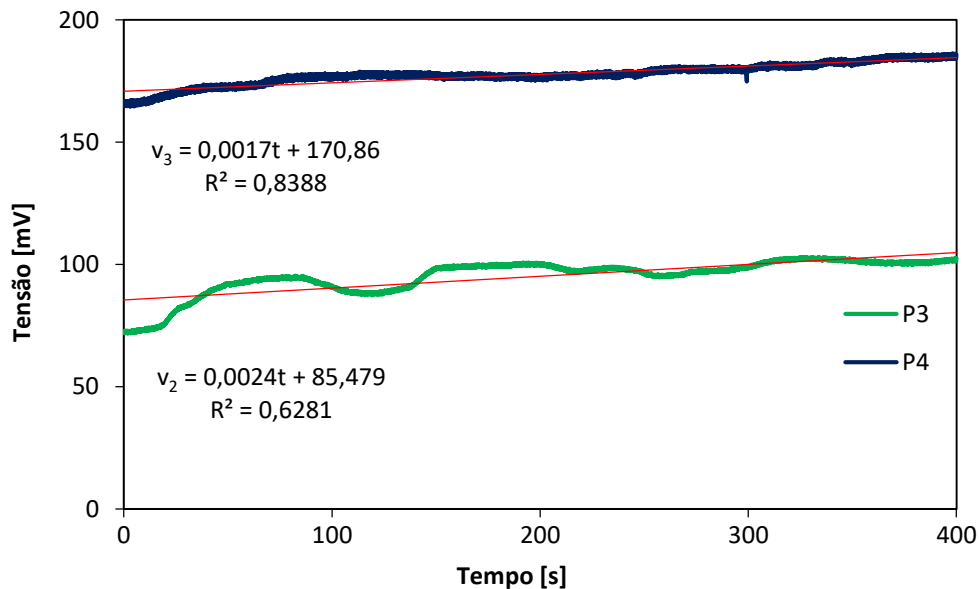
Figura 9. Amostragem de P3 e P4 com estímulo aferido pelo SADLAB a taxa de 20 Hz.



Fonte: Dados da pesquisa, 2020.

A avaliação temporal para P3 permitiu deduzir que, após 0,55 segundos, foi atingida a tensão mínima de 45,7 mV, enquanto P4 necessitou de 1,40 segundos para atingir 119,6 mV. Assim, a amplitude de sinal para P3 foi de 58,5 mV e para P4, de 65,7 mV. A Figura 10 apresenta as equações utilizadas nos cálculos de recuperação do grupo.

Figura 10. Equações de reta para o reestabelecimento da tensão de início obtida após a estimulação em P3 e P4.



Fonte: Dados da pesquisa, 2020.

A análise de P3 resultou na equação 4 que, substituída, estimou o tempo de 2 horas, 9 minutos e 53 segundos para a atingir o valor médio de potencial elétrico inicial. Para o indivíduo P4, foi obtida a equação 5, a qual retornou 2 horas, 21 minutos e 20 segundos.

$$v_3 = 0,0024t + 85,479 \quad (4).$$

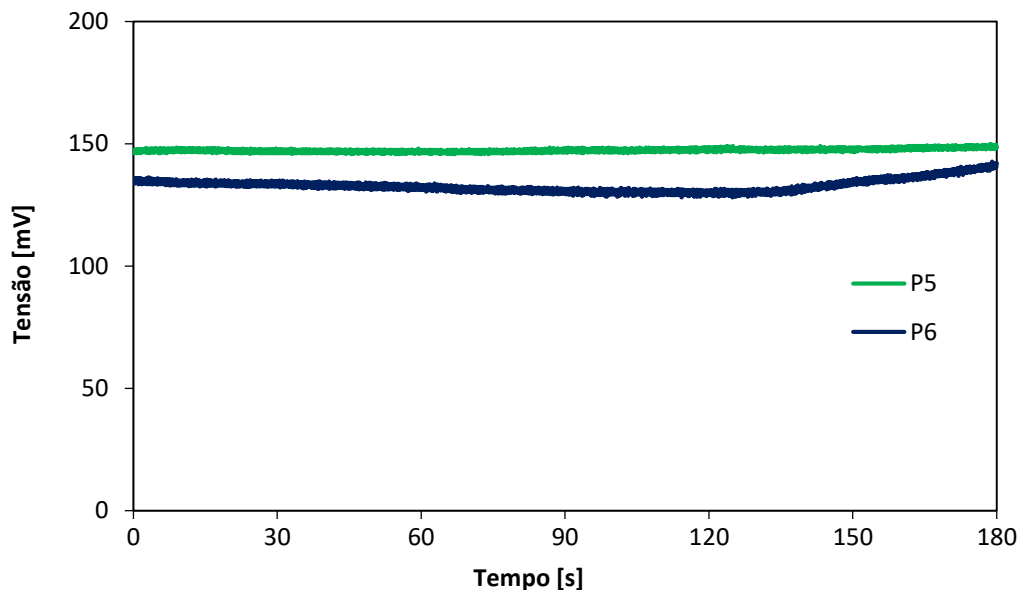
$$v_4 = 0,0017t + 170,86 \quad (5).$$

em que: v_i = tensão inicial; t = tempo para recuperação.

4.2.3 Plantas P5 e P6

Em um dia ensolarado, a amostragem de P5 ocorreu à temperatura de 37°C, possuindo 94 cm de altura e 13 pecíolos. P6 também foi analisada em dia ensolarado à temperatura de 40°C, possuindo 126 cm de altura e 13 pecíolos. O potencial elétrico das plantas sem perturbações pode ser verificado na Figura 11.

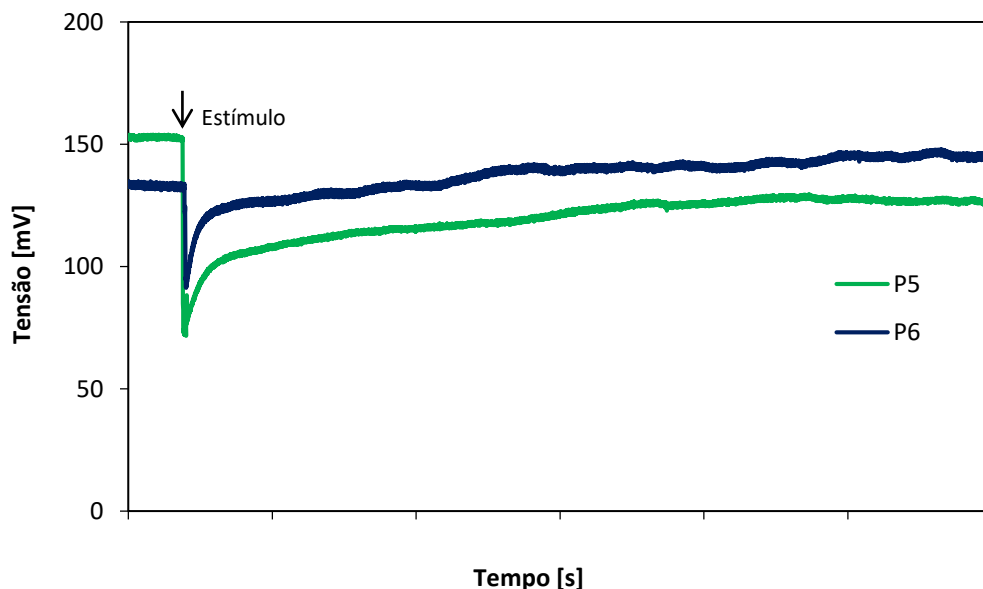
Figura 11. Potenciais elétricos de P5 e P6 sem estímulo e aferidos pelo SADLAB a taxa de 20 Hz.



Fonte: Dados da pesquisa, 2020.

Determinou-se, em P5, a média das tensões sem estímulo de $147,4 \text{ mV} \pm 0,77$ enquanto P6 foi de $132,9 \text{ mV} \pm 2,70$. A Figura 12 tem representada a mudança de potencial do grupo quando estimulado.

Figura 12. Amostragem de P5 e P6 com estímulo aferido pelo SADLAB a taxa de 20 Hz.

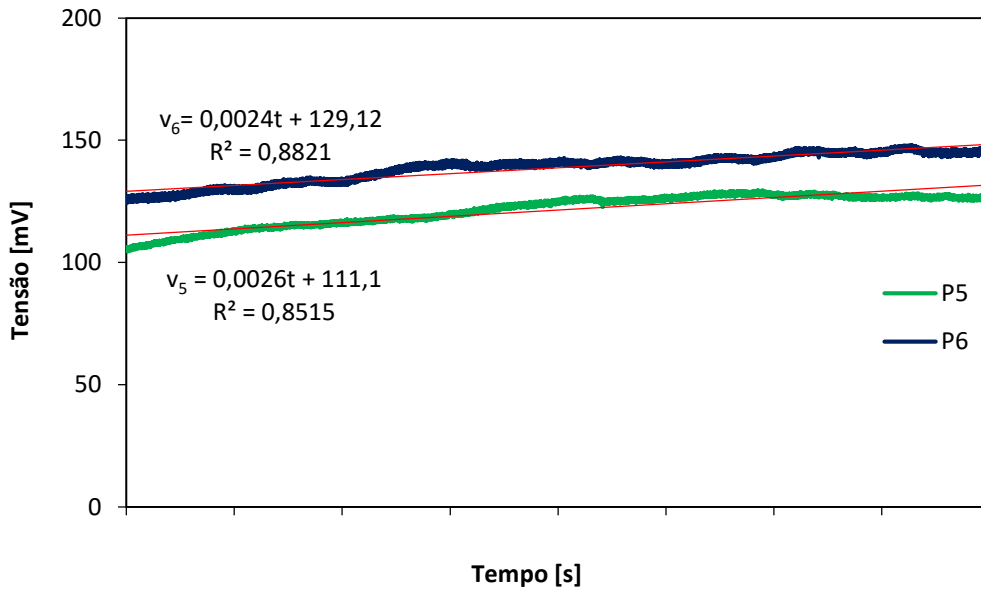


Fonte: Dados da pesquisa, 2020.

Analisando-se a curva de P5, deduz-se que, após 1,7 segundos, foi atingida a tensão mínima de 71,6 mV. O mesmo ocorreu em P6, após 0,8 segundos atingiu-se 91,3

mV. No que tange à amplitude do sinal evocado, este foi de 75,8 mV para P5 e de 41,6 mV para P6. A Figura 13 apresenta as equações utilizadas nos cálculos de recuperação do grupo.

Figura 13. Equações de reta para o reestabelecimento da tensão de início obtida após a estimulação em P5 e P6.



Fonte: Dados da pesquisa, 2020.

A equação 6 obtida para P5 estimou o tempo de 3 horas, 52 minutos e 43 segundos para a total recuperação da sinalização elétrica. Para o indivíduo P6, a equação 7 descreveu esse tempo como 25 minutos e 44 segundos.

$$v_5 = 0,0026t + 111,1 \quad (6).$$

$$v_6 = 0,0024t + 129,12 \quad (7).$$

em que: v_i = tensão inicial; t = tempo para recuperação.

4.3. CARACTERÍSTICAS DOS SINAIS EVOCADOS

Como apresentado no item 6.2, as amplitudes de sinal obtidas foram entre 41,3 mV e 151,3 mV. Valores próximos já foram apresentados pela literatura como por Kozeliek *et al.* (2003), os quais, por meio de microelétrodos de 1 μ m inseridos nas folhas de *M. pudica*, obtiveram variações entre 80 mV e 100 mV, Fromm (1991) obteve 150 mV em análises realizadas no pecíolo da planta e Oda K. e Abe T (1972) encontraram valores entre 40 mV e 70 mV. Segundo Volkov *et al.* (2010), há uma variedade de resultados para a amplitude de sinais entre pesquisadores e até mesmo em pesquisas de um mesmo autor em estudos envolvendo *M. pudica*.

Observou-se também que o tempo de despolarização, repolarização e o potencial elétrico não estimulado de cada planta possuem variações, as quais estão possivelmente associadas ao clima e às condições fisiológicas do indivíduo. Wang Z *et al.* (2009) apresenta que fatores como luminosidade, temperatura e umidade alteram significativamente nas sinalizações elétricas evocadas por plantas de mesma espécie. Macedo (2015) encontrou amplitudes de sinais com 21,17mV e 44,55mV para duas variedades genéticas de *Solanum lycopersicum* L.

5 CONCLUSÕES

Através da utilização da instrumentação SADLAB juntamente com eletrodos clorados de prata e equipamento para reduzir ruídos, foi possível obterem-se valores sensíveis o bastante para captar informações sobre a atividade bioelétrica da *Mimosa pudica*.

A sinalização elétrica da espécie, mesmo quando não estimulada, comportou-se de maneira diferente para cada indivíduo, o que possivelmente está associado a fatores fisiológicos e climáticos.

Nesse estudo, a amplitude dos sinais coletados para perturbações mecânicas em *M. pudica* variaram de 41,3 mV a 151,3 mV. O tempo de recuperação estimado variou de 25 minutos a 9 horas e 50 minutos e está diretamente relacionado à intensidade, tipo de sinal evocado e a amplitude do mesmo.

São necessárias investigações a respeito do que causa tais variações de potenciais, sendo a instrumentação desenvolvida e testada um passo importante neste sentido.

REFERÊNCIAS

BRAGA, Newton. Bioamplificador. **Eletrônica Total**, n. 37, p. 3-6, 1991.

CAPELIN, Diogo. **Caracterização eletrofisiológica em girassol: cinética, rotas de propagação, trocas gasosas e fluorescência da clorofila**. 2016. Tese (Doutorado em Fisiologia e Bioquímica de Plantas) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, University of São Paulo, Piracicaba, 2016.

DANELUZZI, Gabriel Silva. **Sinalização elétrica de longa distância pós-irrigação em plantas de girassol sob déficit hídrico**. 2016. Tese (Doutorado em Fisiologia e Bioquímica de Plantas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2016.

DAHMER, N.; KARSBURG, I. V.; SILVA, A. B. da; LIMA, F. G. de; RAMOS, L. P. N. Citogenética de acessos de Mimosa pudica. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 11 n. 21; p. 2005, 2015.

DARWIN, Charles; DARWIN, Francis; BARRETT, Paul H. **Insectivorous plants**. New York: D. Appleton and Company, 1897.

DAVIES, E. Electrical Signals in Plants: facts and hypotheses. *In: Plant Electrophysiology: Theory and methods*. [S.l.]: Springer, 2006. cap. 17, p. 407 – 418.

FROMM, J. Control of phloem unloading by action potentials in Mimosa. **Physiologia Plantarum**, v. 83, n. 3, p. 529–533, 1991.

FROMM, JÖRG; LAUTNER, SILKE. Electrical signals and their physiological significance in plants. **Plant, Cell & Environment**, v. 30, n. 3, p. 249-257, 2006.

GODINHO, K. C.; IANHEZ, R. **Aplicação de um potenciostato de baixo custo em aulas práticas de análise instrumental**. 2019. 17 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) – Centro Universitário de Patos de Minas, Patos de Minas, 2019.

HUBER, Annika E; BAUERLE, Taryn L. Long-distance plant signaling pathways in response to multiple stressors: the gap in knowledge. **Journal of Experimental Botany**, v. 67, n. 7, p. 2063-2079, 2016.

JOHNSON, C. M., STOUT, P. R., BROYER, T. C. Comparative chlorine requirements of different plant species. **Plant Soil**, v. 8, p. 337–353, 1957. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/BF01666323>

KOZELIEK, C., GRAMS, T. E. E., SCHRIEBER, U.; MATYSSEK, R. E.; FROMM, J. Transient knockout of photosynthesis mediated by electrical signals. **New Phytologist**, v. 161 n.3, p. 715-722, 2004.

MACEDO, Francynês da Conceição Oliveira. **Electrical signaling, gas exchange and turgor pressure in ABA-deficient tomato (cv. Micro-Tom) under drought**. 2015. Tese (Doutorado em Fisiologia e Bioquímica de Plantas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, University of São Paulo, Piracicaba, 2015.

ODA, K.; ABE, T. Action potential and rapid movement in the main pulvinus of Mimosa pudica. **The Botanical Magazine Tokyo**, v. 85, n. 2, p. 135–145, 1972.

PAIXÃO, Clemilton; JESUS, Daniel; NETO, André. Tolerância ao estresse hídrico de genótipos de girassol em função de crescimento e teores de NPK. **Enciclopédia Biosfera**, v. 10, n. 19, p. 1755, 2014.

SARAIVA, G. F. **Análise temporal de sinalização elétrica em plantas de soja submetida a diferentes perturbações externas.** 2017. 83 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Curso de Agronomia, Unoeste, Presidente Prudente, 2017.

VOLKOV, A. G. Electrophysiology and Phototropism. *In: _____*. **Communication in Plants: neuronal aspects of plant life.** [S.l.]: Springer, 2006. cap. 24, p. 351 – 365.

WANG, Z. Y.; LENG, Q.; HUANG, L.; ZHAO, L. L.; XU, Z. L., HOU, R. F.; WANG, C. Monitoring system for electrical signals in plants in the greenhouse and it applications. **Biosystems Engineering**, v. 103, n. 1, p. 1-11.