

ATENÇÃO EM PLANTAS: ANÁLISE DO IMPACTO NO ELECTROMA DERIVADO DE ESTÍMULOS LOCAIS

JOÃO GABRIEL MOREIRA DE SOUZA¹; GABRIELA NIEMEYER REISSIG²,
THIAGO FRANCISCO DE CARVALHO OLIVEIRA³, DOUGLAS ANTÔNIO
POSSO⁴, ANA CAROLINA COSTA ARAÚJO⁵; GUSTAVO MAIA SOUZA⁶

¹Universidade Federal de Pelotas – joamoreirasouza@gmail.com

²Universidade Federal de Pelotas – gabriela.niemeyer.reissig@gmail.com

³Universidade Federal de Pelotas – fthicar@gmail.com

⁴Universidade Federal de Pelotas – douglasposso@hotmail.com

⁵Universidade Federal de Pelotas – annacosta5566@gmail.com

⁶Universidade Federal de Pelotas – gumaiasouza@gmail.com

1. INTRODUÇÃO

As plantas desempenham um papel crucial no meio ambiente e na agricultura devido à sua diversidade e abundância global (BAR-ON et al., 2018). Apesar disso, são frequentemente subestimadas por uma visão mecanicista como organismos automatizados (STROUD et al., 2022). A pesquisa em fisiologia vegetal, como a eletrofisiologia e cognição vegetal, buscam compreender a cognição e inteligência das plantas em relação ao ambiente, demonstrando consciência destes organismos para adaptar e sobreviver aos diversos estímulos presentes (GAGLIANO, 2015).

O campo da eletrofisiologia vegetal desenvolve pesquisas baseadas nas respostas elétricas das plantas ao ambiente. Pioneiros como Darwin e Burdon-Sanderson (1873) já observavam sinais elétricos em plantas carnívoras, como a *Venus flytrap*. Esse tipo de análise revela respostas rápidas às estimulações devido à velocidade dos sinais e fácil correlação com o estímulo aplicado, facilitando o estudo da cognição em plantas.

As plantas são modulares e possuem comunicação entre diferentes partes, como raízes e parte aérea, feita por sinais variados que se diferem em relação ao ambiente e a fisiologia da planta, sendo assim essencial para a sobrevivência da mesma (BALUŠKA; MANCUSO, 2021). Medindo o potencial elétrico desses sinais e observando como os padrões se diferem em relação ao estado da planta e do ambiente, podemos entender como o sistema elétrico vegetal, chamado de electroma (DE TOLEDO et al., 2019), permite a sobrevivência da planta e sua adaptação.

A pesquisa no âmbito da eletrofisiologia vegetal e cognição vegetal, como a atenção, que pode assemelhar-se à atenção em humanos, onde organismos selecionam informações relevantes para sua sobrevivência (PARISE, 2022), também explora como as plantas percebem e respondem a informações ambientais para manutenção da sua sobrevivência (CALVO et al., 2020; PARISE et al., 2022, 2021).

Nesse contexto, o presente trabalho busca elucidar os processos envolvidos no mecanismo de atenção de plantas de soja, por meio da análise de suas respostas a estímulos locais no electroma. O que requer medir variações elétricas em *microvolts* ao longo do tempo e utilizar análise de ApEn (Entropia Aproximada) para identificar momentos de padrões irregulares nas séries temporais, indicando alterações significativas (PINCUS, 1991). A ApEn, por ser uma técnica voltada a identificar tais padrões complexos e irregulares em séries de dados permite ser

aplicada aos sinais elétricos das plantas, facilitando compreender e associar em que momento um estímulo gerou um sinal e quanto tal sinal é diferente daqueles provenientes do comportamento pré-estímulo da planta (REISSIG, 2023).

2. METODOLOGIA

O projeto está sendo conduzido no Laboratório de Cognição e Eletrofisiologia Vegetal (LACEV) da Universidade Federal de Pelotas, onde as condições ambientais são controladas com um ar-condicionado a 26 °C e monitoradas por um sensor de umidade e temperatura. A iluminação é fornecida por uma placa LED tipo Double Epi e com espectros R:68, B:12, UV:2, IR:4, CW:6 e WW:8, com comprimento de onda de 380 nm - 800 nm, enquanto as análises e coleta de dados são realizadas em um computador desktop e um notebook conectado a um equipamento da *Biopac Systems Inc.* MP-36 de 4 canais de eletrodos de inserção. Os experimentos ocorrem dentro de uma gaiola de *Faraday* para evitar interferências eletromagnéticas.

No experimento, sementes de soja TMG 2365 PRO foram semeadas em vasos de isopor de 300 mL com 200g de substrato orgânico. Quando atingiram o estágio V4 as plantas foram submetidas a estímulos locais, incluindo ferimento mecânico com tesoura ou queima da folha central do segundo trifólio com um isqueiro Bic por 20 segundos.

Para a coleta de dados, eletrodos foram inseridos no caule e nos três trifólios em plantas de sojas no estágio V4. Após 24 horas de aclimação, o software foi usado para capturar séries temporais eletrofisiológicas, incluindo 3 minutos de dados pré-estímulo. Após o estímulo local (ferimento mecânico e fogo) os dados foram capturados por 3 horas, com 15 repetições (plantas individuais).

Com os dados obtidos pelo *software*, foi utilizado a técnica de análise ApEn em que a partir do conjunto de dados das séries temporais eletrofisiológicas podemos observar e diferenciar a mudança do comportamento do electroma ao longo do tempo, antes e após a aplicação dos estímulos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 encontramos os valores da mediana, valor máximo e valor mínimo encontrados em toda a distribuição das plantas analisadas. Assim é possível dizer que o caule possui os menores valores de complexidade e o 1° trifólio os maiores. Todos os grupos sofrem um aumento da complexidade após o estresse. Todos os grupos atingiram antes um valor máximo de 0.74 e após o estresse este valor subiu, novamente, para todos os grupos. Destacando que para o caule e o 1° trifólio o aumento foi de 0.02 de complexidade e para o 2° e 3° o aumento foi de 0.04.

<i>Local</i>	<i>Mediana</i>	<i>Maior Valor</i>	<i>Menor Valor</i>
<i>Caule Antes</i>	0.515294	0.748315	0.010542
<i>Caule Depois</i>	0.527830	0.760473	0.006096
<i>1° Trifólio Antes</i>	0.618846	0.745160	0.013620
<i>1° Trifólio Depois</i>	0.663497	0.768428	0.010553
<i>2° Trifólio Antes</i>	0.559652	0.743552	0.022957
<i>2° Trifólio Depois</i>	0.593033	0.786677	0.008957

3° Trifólio Antes	0.542819	0.745048	0.010331
3° Trifólio Depois	0.569402	0.782023	0.009192

Na Figura 1 as curvas mostram os gráficos de densidade, que são essencialmente uma versão suave do histograma. No eixo y temos o valor para ApEn dos trifólios analisados, incluindo também o caule, dispersada pelo tempo (eixo x). Com exceção do primeiro trifólio, é possível observar que o comportamento antes da injúria é semelhante para os 3 grupos. Porém, após o estresse, encontramos comportamentos dispare, possuindo uma maior densidade em valores maiores de ApEn. O 1° e o 2° trifólio possuem zonas de não ocupação entorno de 0.4, já o caule e o 3° trifólio se diferenciam por ocupar todo o espectro de valores. .

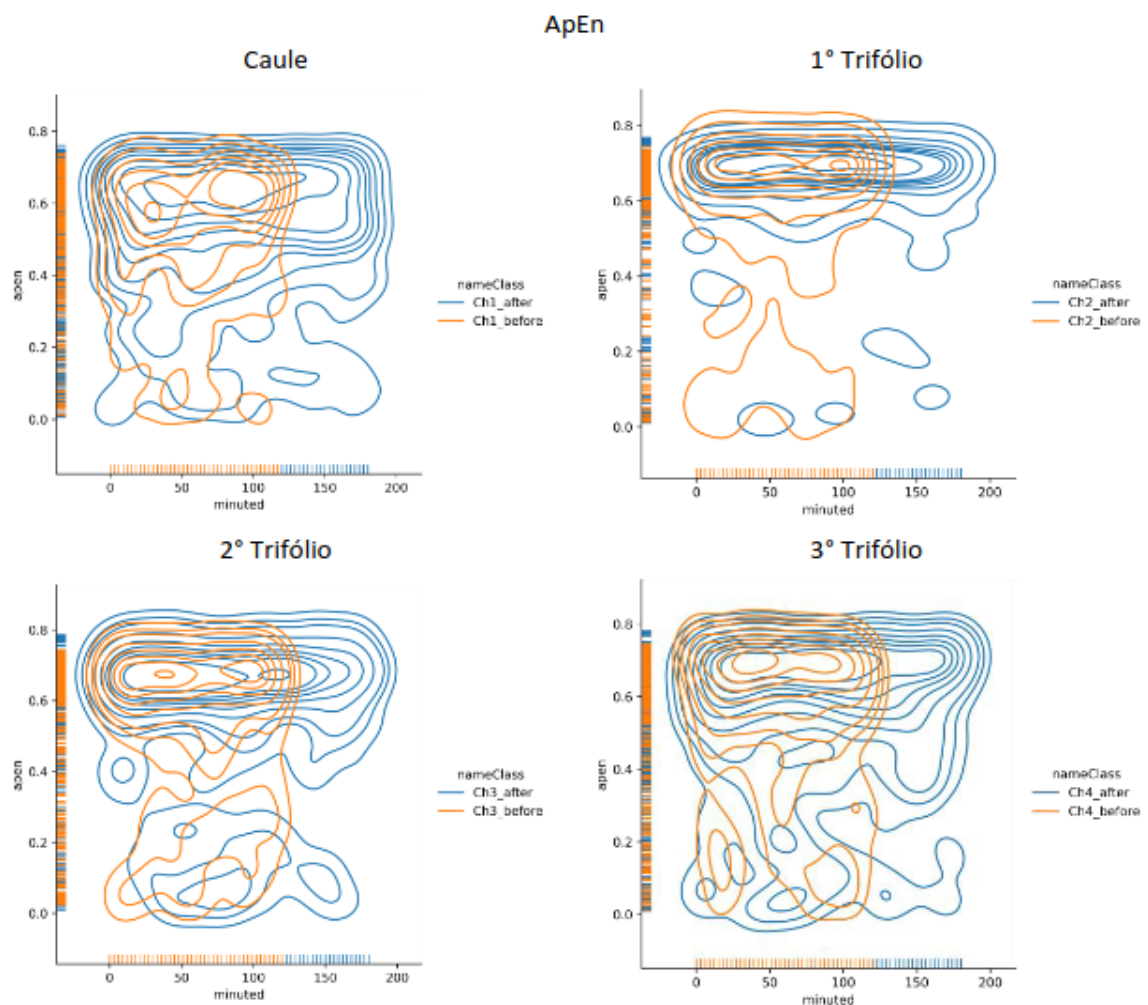


Figura 1 - Curvas representam gráficos de densidade. No eixo y estão os valores de ApEn dos trifólios analisados e do caule, no eixo x a dispersão desses valores ao longo do tempo. Ch1/Ch2/Ch3/Ch4 after: dados coletados no canal após estímulo; Ch1/Ch2/Ch3/Ch4 before: dados coletados no canal antes do estímulo.

Os resultados obtidos pela análise das séries temporais mostraram que antes e após os estímulos locais houve aumento da ApEn nos módulos distantes, significando um aumento na complexidade (irregularidade) do electroma das plantas.

4. CONCLUSÕES

A pesquisa demonstrou que estímulos específicos causam mudanças no sistema de sinais elétricos das plantas, indicando que as plantas processam e respondem às informações ambientais correspondentes a esses estímulos. Os resultados mostram que as plantas experimentam alterações em seu electroma em resposta a estímulos ambientais, e essas alterações variam de acordo com o tipo e a localização dos estímulos nos diferentes módulos da planta.

Com base nesses primeiros resultados, pretendemos estudar os impactos de estímulos sistêmicos na planta e possíveis alterações no electroma durante a fase reprodutiva e com estímulos em suas estruturas reprodutivas, como flor e fruto.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAR-ON, Y. M.; PHILLIPS, R.; MILO, R. The biomass distribution on Earth. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 115, n. 25, p. 6506–6511, 19 jun. 2018.

CALVO, P. et al. Plants are intelligent, here's how. **Annals of Botany**, v. 125, n. 1, p. 11–28, 8 jan. 2020.

DE TOLEDO, G. R. A. et al. Plant electrome: the electrical dimension of plant life. **Theoretical and Experimental Plant Physiology**, v. 31, n. 1, p. 21–46, mar. 2019.

NIEMEYER REISSIG, G. et al. Approximate entropy: a promising tool to understand the hidden electrical activity of fruit. **Communicative & Integrative Biology**, v. 16, 28 mar. 2023.

NIEMEYER REISSIG, G. et al. Fruit Herbivory Alters Plant Electrome: Evidence for Fruit-Shoot Long-Distance Electrical Signaling in Tomato Plants. **Frontiers in Sustainable Food Systems**, v. 5, p. 244, 20 jul. 2021.

PARISE, A. G. et al. Detection of Different Hosts From a Distance Alters the Behaviour and Bioelectrical Activity of *Cuscuta racemosa*. **Frontiers in Plant Science**, v. 12, 2021.

PARISE, A. G. et al. Do plants pay attention? A possible phenomenological-empirical approach. **Progress in Biophysics and Molecular Biology**, v. 173, 1 maio 2022.

PINCUS, S. M. **Approximate entropy: a complexity measure for biological time series data**. Proceedings of the 1991 IEEE Seventeenth Annual Northeast Bioengineering Conference. **Anais...** Em: PROCEEDINGS OF THE 1991 IEEE SEVENTEENTH ANNUAL NORTHEAST BIOENGINEERING CONFERENCE. abr. 1991.

STROUD, S. et al. The botanical education extinction and the fall of plant awareness. **Ecology and Evolution**, v. 12, n. 7, p. e9019, jul. 2022.