

## RESPOSTAS ELETROFISIOLOGICAS EM PLANTAS DE MILHO SOB ESTRESSE HÍDRICO INDUZIDO POR PEG

LUIZ GUSTAVO SENKO<sup>1</sup>; FRANCINE ZAIOSC SIMMI<sup>2</sup>; GABRIEL RICARDO  
AGUILERA DE TOLEDO<sup>2</sup>; ARLAN DA SILVA FERREIRA<sup>2</sup>; GUSTAVO MAIA  
SOUZA<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Pelotas, Instituto de Biologia, Departamento de Botânica –  
luiz\_gustavo\_schultz@hotmail.com

<sup>2</sup>Universidade Federal de Pelotas, Instituto de Biologia, Departamento de Botânica –  
francinezsimm@hotmail.com

<sup>2</sup>Universidade Federal de Pelotas, Instituto de Biologia, Departamento de Botânica –  
gabriel.de.toledo@hotmail.com

<sup>2</sup>Universidade Federal de Pelotas, Departamento de Física – arlansil@yahoo.com.br

<sup>3</sup>Universidade Federal de Pelotas, Instituto de Biologia, Departamento de Botânica –  
gumaia.gms@gmail.com

### 1. INTRODUÇÃO

As plantas são organismos complexos e dinâmicos, exibindo propriedades cognitivas. A capacidade de percepção dos sinais ambientais é imprescindível para as plantas pois, sendo um organismo sésil e modular, a tornam aptas a sobreviver e competir por recursos em seu ambiente natural (Trewavas, 2003, Gagliano, 2015).

Estudos recentes têm demonstrado e caracterizado funções da sinalização elétrica em plantas associadas a diferentes estados fisiológicos em resposta a estímulos ambientais (Gallé et al., 2015). Apesar de haver um conhecimento já bem estabelecido sobre os tipos de sinais elétricos (PA ou VP) em plantas e suas relações na sinalização de curta e longa distância de algumas respostas fisiológicas (Volkov, 2012), nada ainda foi estudado sobre a dinâmica temporal (complexidade) dos sinais elétricos e possíveis relações com o estado fisiológico das plantas.

Os estudos atuais estão restritos às análises da amplitude e velocidade das respostas elétricas, sem considerar a complexidade da dinâmica temporal do sinal em si durante eventos de sinalização pós-estimulação como tem sido desenvolvido em estudos de fisiologia humana, os quais vêm mostrando fortes correlações entre a dinâmica temporal dos sinais elétricos e o estado de saúde de indivíduos (Souza et al., 2017).

O objetivo principal desse estudo é caracterizar e encontrar possíveis padrões na dinâmica temporal da sinalização elétrica em plantas de milho, em resposta a estímulos de estresse hídrico. Déficit de água é um dos grandes problemas enfrentados pelas plantas, as quais tem que responder rapidamente para evitar maiores danos. A sinalização elétrica é uma das maneiras mais efetivas para integrar respostas em longas distâncias, compartilhando a informação local pelos módulos da planta (Gallé et al, 2015; Souza et al., 2017).



## 2. METODOLOGIA

Foram utilizadas 15 plantas de milho (*Zea mays*) com 15 dias de idade, sua atividade elétrica foi monitorada antes e depois da aplicação de 50 mL de polietilenoglicol (PEG-6000) com -2MPa de potencial osmótico.

Todas as medidas bioelétricas foram conduzidas dentro de uma “Gaiola de Faraday”, devidamente aterrada para evitar ruídos eletromagnéticos provenientes da rede elétrica do laboratório (tipicamente de 60 Hz). Séries temporais de dados bioelétricos foram obtidos utilizando um sistema de aquisição eletrônica de 4 canais (MP36 - BIOPAC, Biopac Systems, Inc.), com alta impedância de entrada. Os sinais foram amplificados e filtrados utilizando-se dois filtros, um “high-pass” (frequência de corte 0.5 Hz) e um “low-pass” (frequência de corte 100 Hz). Os sinais elétricos foram coletados a uma frequência de amostragem de 32 Hz (32 dados por segundo), com um ganho (amplificação) de 20.000 vezes. O MP36 possui um microprocessador interno que controla a aquisição de dados, convertendo-os em sinais digitais e realizando também a comunicação com o computador. O sistema MP36 estava conectado a dois eletrodos de agulha (EL452), um positivo (+) e um negativo (-), por meio de um cabo transdutor blindado com alta impedância de entrada ( $\approx 109 \Omega$ ) (modulo SS2LA). Para capturar os sinais elétricos evocados pelas plantas foi usado um protocolo de EEG (0.5 – 100 HZ, com “notch” em 60 HZ). Os dados coletados foram pré-analisados utilizando o software Biopac Student Lab 3.7.6.

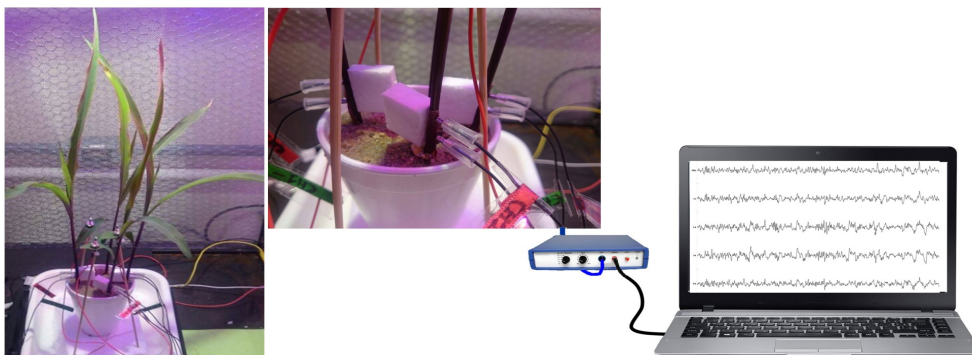


Figura 1. Esquema das plantas de milho com 15 dias de idade conectadas ao sistema de aquisição de dados BIOPAC MP36.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Análises da densidade espectral de potência mostraram que 75% das plantas tiveram seu expoente beta reduzido após a aplicação de PEG. A Correlação cruzada entre antes e depois da aplicação de PEG tenderam a zero, indicando claras diferenças na atividade elétrica da mesma planta ao decorrer do tempo. Os comprimentos da auto correlação tenderam a crescer depois da aplicação de PEG, indicando maior nível de organização e persistência do sinal (memória).

A função de densidade de probabilidade que melhor se encaixa é a q-gaussiana. A principal característica desta distribuição é que a cauda decai com a lei de potência, com expoente  $2/(q-1)$ , á  $1 < q < 3$ . A lei de potência é também associada com a não variação da escala, que é a principal característica dos fractais, usualmente associados a distribuição de energia/informação e memória.



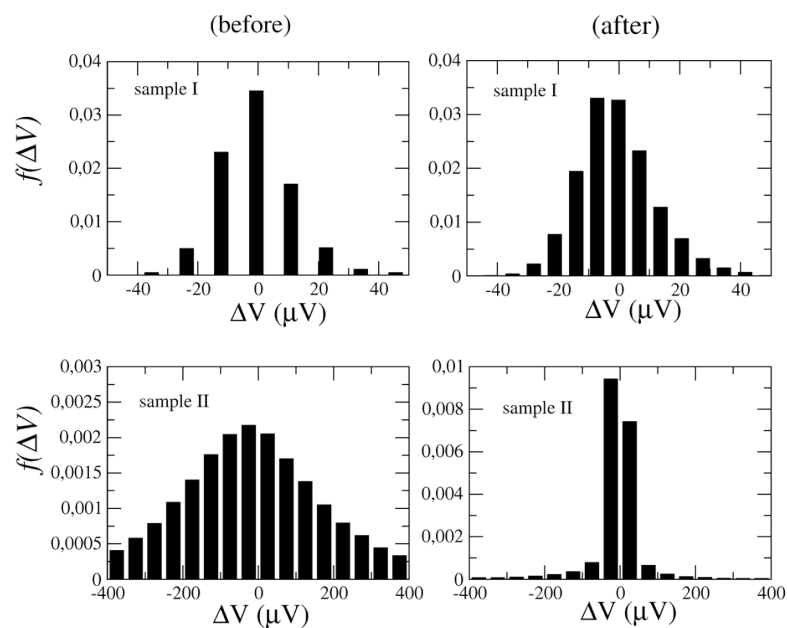


Figura 2. Amostras representativas da série temporal antes e depois do estresse hídrico

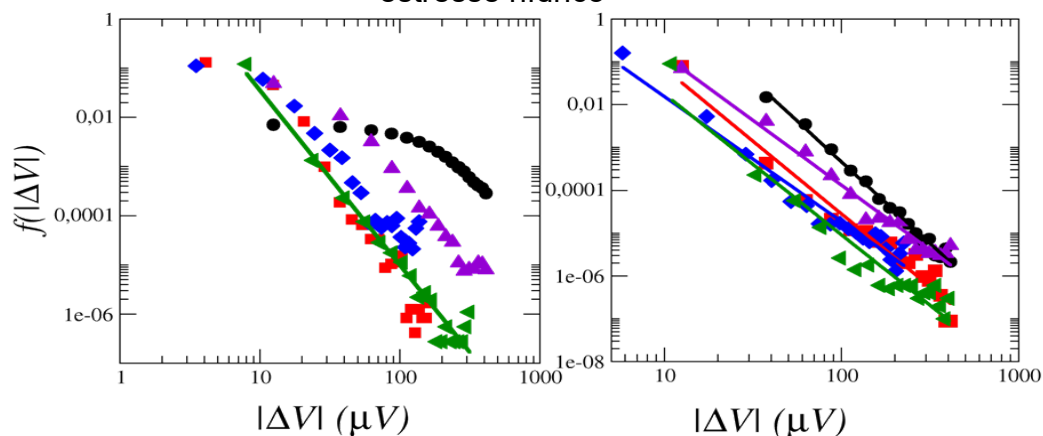


Figura 3. Gráficos Log-log da função de densidade probabilidade da cauda da distribuição

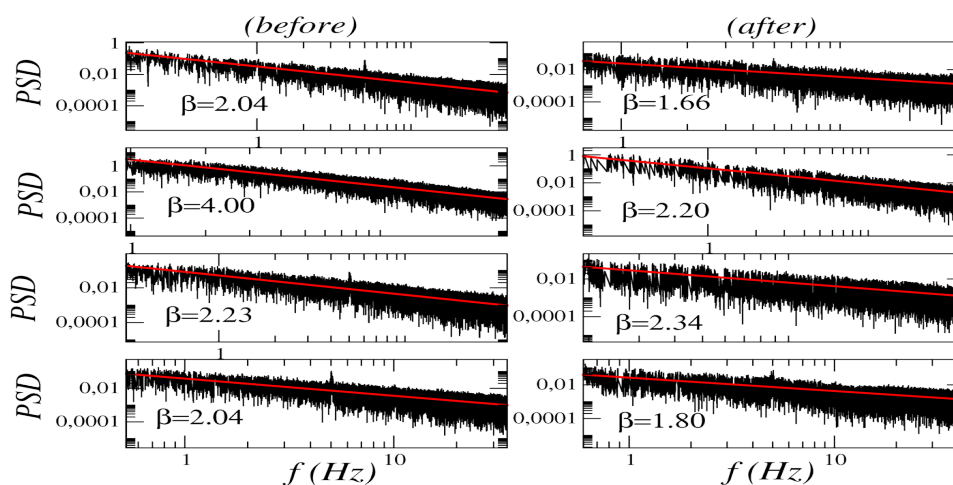


Figure 4. Função de Densidade espectral de potência (PSD) das series antes e depois do estímulo.



#### 4. CONCLUSÕES

Conforme os resultados da auto correlação, o efeito de memória pode ser observado a partir do aumento no nível de organização e persistência do sinal ao longo do tempo após o estímulo. Sob condições de estresse, as plantas tendem a se manter sob baixa entropia, condição já observada em animais.

comprimentos da auto correlação tenderam a crescer depois do estímulo, indicando maior nível de organização e persistência do sinal ao longo do tempo (efeito memória).

Analisando as séries temporais antes e depois da aplicação do estresse osmótico, verificamos que as condições apresentaram distribuição PSD seguindo uma lei de potência, indicando uma dinâmica com padrão livre de escala, a qual é a principal característica dos fractais, usualmente associados com a distribuição da energia/informação e memória.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

GAGLIANO M. 2015. In a green frame of mind: perspectives on the behavioural ecology and cognitive nature of plants. **AoB PLANTS**, v.7 p.075, 2015.

GALLÉ, A., LAUTNER, S., FLEXAS, J., FROMM, J. Environmental stimuli and physiological responses: The current view on electrical signaling. **Environmental and Experimental Botany**. v.114, p.15-21, 2015.

TREWAVAS, A.; Aspects of plant intelligence. **Annals of Botany**, v. 92 p.1-20, 2003.

SOUZA, G.M., SILVA, A.F., SARAIVA. G.F.R., TOLEDO, G.R.A. Plant “electrome” can be pushed toward a self-organized critical state by external cues: evidences from a study with soybean seedlings subject to different environmental conditions. **Plant Signaling and Behavior**. v. 12, e1290040, 2017.

VOLKOV A. **Plant Electrophysiology: methods and cell electrophysiology**. Berlin: Springer, 2012.