

## **CARACTERIZAÇÃO DA QUALIDADE DOS OVOS ATRAVÉS DA ESPECTROSCOPIA DE IMPEDÂNCIA ELÉTRICA – DIAGRAMAS DE NYQUIST E BODE<sup>1</sup>**

Eduarda Caggiano dos Santos Leite<sup>2</sup>, Weber da Silva Robazza<sup>3</sup>, Alessandro Cazonatto Galvão<sup>4</sup>, Marcel Manente Boiago<sup>5</sup>, Eduarda Degani de Araújo<sup>6</sup>, Evandro Wahlbrink<sup>6</sup>

<sup>1</sup> Vinculado ao projeto “Caracterização da qualidade dos ovos através da espectroscopia de impedância elétrica”

<sup>2</sup> Acadêmica do Curso de Engenharia Química – CEO – Bolsista PROBIC

<sup>3</sup> Orientador, Departamento de Engenharia de Alimentos e Engenharia Química – CEO – weber.robazzi@udesc.br

<sup>4</sup> Professor Doutor, Departamento de Engenharia de Alimentos e Engenharia Química – CEO

<sup>5</sup> Professor Doutor, Departamento de Zootecnia – CEO

<sup>6</sup> Acadêmico(a) do Curso de Engenharia Química – CEO

O ovo é um alimento importante na alimentação da população brasileira, sendo fonte de proteínas consideradas de alta qualidade. Durante o armazenamento, o ovo está sujeito a mudanças físico-químicas, as quais provocam a perda de sua qualidade. As propriedades dos ovos são afetadas pelo ambiente ao qual o ovo está sujeito durante o armazenamento.

Para se avaliar os indicadores de qualidade dos ovos, é necessário se quebrar a amostra, o que acaba gerando desperdício do produto. Neste contexto, a espectroscopia de impedância elétrica pode ser uma alternativa viável, relativamente barata para a análise das propriedades de diferentes alimentos. Portanto, este estudo tem o objetivo de avaliar a eficiência dessa técnica para monitorar a qualidade de ovos armazenados à temperatura ambiente em tempo real.

A técnica consiste na inserção de eletrodos na superfície do objeto estudado e sinais de corrente alternada de diferentes frequências atravessam o material, sendo a resposta dada pela impedância elétrica para cada frequência empregada. A descrição do espectro consiste em assumir que a impedância medida se assemelha a de um circuito elétrico equivalente. A partir do cálculo dos elementos do circuito equivalente através de regressão não-linear, são construídos o diagrama de Nyquist que consiste em se plotar a componente imaginária da impedância elétrica resultante em função da componente real e o diagrama de Bode que consiste em se plotar o módulo da impedância em função da frequência da corrente alternada empregada.

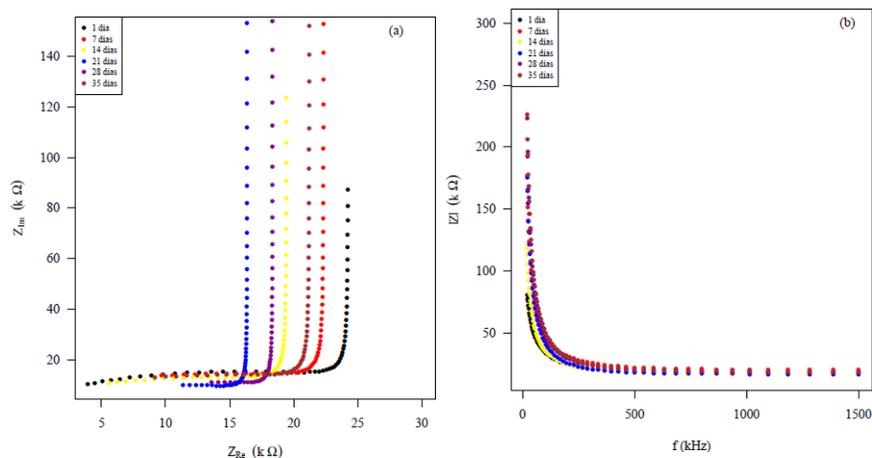
No presente estudo, 30 ovos foram adquiridos em uma granja localizada em Chapecó/SC. Todos os ovos foram armazenados à temperatura ambiente, a qual variou entre 13 °C e 19 °C durante o experimento. Os ovos foram divididos em grupos compostos por 5 ovos cada, sendo que os espectros de impedância dos grupos foram medidos em triplicata após 1, 7, 14, 21, 28 e 35 dias de armazenamento, respectivamente. Para se considerar a assimetria e as diferenças de propriedade dos ovos nos diferentes eixos que o compõem, foram inseridos 4 eletrodos em cada amostra para aplicar o sinal de corrente alternada ao longo de seis configurações diferentes. A Figura 1 apresenta o aparato experimental empregado para a realização das medidas experimentais com os respectivos eletrodos. No presente estudo foi selecionado o circuito elétrico que reproduz a camada dupla formada na interface entre os eletrodos e o material. Após a realização dos ajustes para se estimar os elementos de circuito, verificou-se que a configuração

mais adequada para se descrever os resultados foi através dos eletrodos A e C indicados na Figura 1.



**Figura 1.** Aparato experimental usado no presente estudo

A Figura 2 apresenta os diagramas de Nyquist e Bode obtidos para cada grupo de ovos utilizado no estudo. Para a construção dos diagramas, foram utilizados os valores médios das componentes e do módulo da impedância elétrica resultante dos cinco ovos que constituíram cada grupo analisado. Conforme se pode observar da Figura 2, através do Diagrama de Bode não é possível distinguir entre os diferentes grupos (tempos de armazenamento) estudados. Entretanto, os grupos estão relativamente dispersos no diagrama de Nyquist de forma que é possível se identificar de forma nítida cada grupo estudado. De uma forma geral, observa-se que, em média, os ovos com menor tempo de armazenamento tendem a ficar mais à direita do diagrama. Dessa forma, a princípio, é possível identificar o tempo de armazenamento dos ovos a partir do diagrama de Nyquist. Porém, ainda é necessário validar os resultados do presente estudo a partir de lotes diferentes de ovos com o intuito de se verificar se o mesmo padrão é observado. Portanto, a repetição das análises com novas amostras é a etapa seguinte do presente estudo.



**Figura 2.** (a) Diagrama de Nyquist e (b) Diagrama de Bode

**Palavras-chave:** Qualidade dos ovos; Impedância elétrica; Circuito elétrico equivalente.