

**I-034 - OBTENÇÃO DA BIOMASSA DE MICROALGAS SEPARADAS POR ELETROCOAGULAÇÃO****Antonio Idivan Vieira Nunes<sup>(1)</sup>**

Professor do Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental Engenheira, Programa de Pós graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Ceará.

**Márcio Ubiratan Gomes Alves Barros**

Aluno do Curso de Engenharia de Pesca, da Universidade Federal do Ceará.

**José Wiliam da Silva**

Aluno do Curso de Engenharia de Pesca, da Universidade Federal do Ceará.

**Anderson Cruz Coelho**

Aluno do Curso de Engenharia de Pesca, da Universidade Federal do Ceará.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Campus do Pici, Bloco 713, Pici – CEP 60455-970 – Fortaleza-Ce – Brasil, Tel. +55 85 3366-9493, Fax. +55 85 3366-9627, e-mail: [vieiranunes@yahoo.com.br](mailto:vieiranunes@yahoo.com.br)

**RESUMO**

As microalgas apresentam formas e dimensões variadas da ordem de micrômetros, o que as tornam difíceis de serem separadas e concentradas na forma de uma biomassa para fins de aplicações diversas, como por exemplo, a obtenção de biodiesel. Portanto, este estudo tem como objetivo usar a tecnologia de eletrocoagulação com floculação através da solubilização de eletrodos de alumínio como metal coagulante para concentrar microalgas na forma de biomassa. Os resultados mostraram que a remoção de algas por eletrocoagulação é muito eficaz, com 100% de remoção para a clorofícea *Chlorella* SP e 90,10% de remoção para a clorofícea *Nannochloropsis* SP.

**PALAVRAS-CHAVE:** Biomassa, Microalgas, Separação, Eletrocoagulação.

**INTRODUÇÃO**

A eletrocoagulação envolve geração de coagulantes in situ através da dissolução elétrica de eletrodos de ferro ou alumínio, no entanto, neste experimento, optamos pelo uso de eletrodos de alumínio. O eletrodo de alumínio é inserido no reator, ou célula eletroquímica, e então é aplicada uma determinada voltagem realizando a oxidação do Al para o estado  $Al^{3+}$ . Esta etapa da reação ocorre no ânodo, simultaneamente ocorre a redução da água no cátodo, ocasionando a formação de íons hidroxila,  $OH^-$ , os mesmos irão reagir com o  $Al^{3+}$  formando o composto hidróxido de alumínio,  $Al(OH)_3$ . O composto formado atuará como agente coagulante, pois será responsável pela coagulação e formação das partículas coloidais. Além dessas reações há também a formação do gás hidrogênio durante a redução da água, o qual auxilia a flotação das partículas coaguladas, por esse motivo a técnica de eletrocoagulação é chamada algumas vezes de eletroflotação dependendo da densidade dos flocos gerados.

As reações, citadas acima, que envolvem a eletrocoagulação para eletrodos de alumínio são:

Reação de oxidação (ânodo):



Em condições alcalinas:



Em condições ácidas:



Reação da formação do oxigênio (ânodo):



A reação que ocorre simultaneamente no cátodo da formação do hidrogênio é dependente do pH do meio, em condições neutras ou alcalinas o gás hidrogênio é produzido segundo a reação:



Em condições ácidas a reação que ocorre no cátodo:

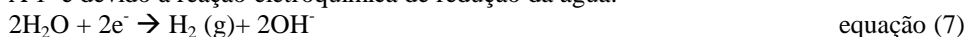


PICARD e MAZET et al., (2000) realizaram um experimento e comprovaram que além da reação eletroquímica (5) ocorre uma reação química no cátodo, concluindo então que o processo de dissolução ocorre também no cátodo.

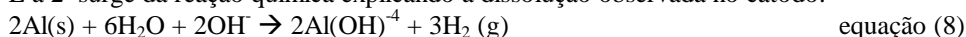
Utilizando cátodo de alumínio foi observado que os picos de  $\text{H}_2$  eram maiores que os encontrados na experiência com os eletrodos de aço e que ao zerar a corrente a reação continuava ocorrendo, podendo concluir assim que além da reação eletroquímica ocorre uma reação química, ou seja, os íons  $\text{OH}^-$  reagem com  $\text{Al}(\text{s})$  do cátodo gerando assim uma maior concentração de gás  $\text{H}_2$ . As concentrações totais do gás hidrogênio ( $\text{L min}^{-1}$ ) geradas utilizando cátodos de alumínio são na verdade a soma das concentrações obtidas eletroquimicamente durante a passagem de corrente entre os eletrodos e das concentrações obtidas quimicamente, sem a passagem da corrente elétrica.

A formação do gás ocorre em duas etapas no cátodo de alumínio:

A 1ª é devido à reação eletroquímica de redução da água:



E a 2ª surge da reação química explicando a dissolução observada no cátodo:



## MATERIAIS E MÉTODOS

Foram utilizadas as microalgas *Chlorella* sp. e *Nannochloropsis* sp., obtidas no cepário do Laboratório de Centro de biotecnologia em Aquicultura (CEBIAQUA) do Departamento de Engenharia de Pesca (DEP) da Universidade Federal do Ceará, onde as mesmas são mantidas em tubos de ensaio com temperatura e luminosidade controladas. O meio de cultivo usado para a manutenção dos inóculos e para a realização dos experimentos foi o meio alternativo, cuja formulação e composição são apresentadas na Tabela 1.

**Tabela 1. Concentrações dos reagentes em 1 litro de água.**

Reagentes	Concentração
Ureia	0,12 g.L <sup>-1</sup>
SPT (superfosfato triplo)	0,03 g.L <sup>-1</sup>
Vitamina*	1 mL.L <sup>-1</sup>

\*Solução estoque - Adicionar, em 50 mL de água destilada, 100 mg de cloridrato de tiamina, 100 mg de cloridrato de piridoxina, 5.000 mcg de cianocobalamina.

Os cultivos foram submetidos a uma aeração com vazão constante de 4 L min<sup>-1</sup>, através do uso de bombas de diafragma. A temperatura da sala de cultivo e a intensidade luminosa foram mantidas em 28 ± 1 °C e 200 µE cm<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>, respectivamente. A iluminância dos cultivos foi ajustada, regulando a distância da luz para os garraões de cultivo, sendo avaliada com ajuda de um luxímetro digital. A iluminação constante foi fornecida por duas lâmpadas fluorescentes de 40 W com o objetivo de obter uma maior taxa fotossintética e consequentemente, maior produtividade. Todo o material utilizado no experimento, incluindo os tubos de ensaio, erlenmeyers e garraões com capacidade para 20 L foram previamente lavados com água e detergente, enxaguados e, posteriormente esterilizados em autoclave a uma temperatura de 120°C por 15 minutos.

Os cultivos foram realizados nas salinidades zero (*Chlorella* sp.) e 25 (*Nannochloropsis* sp.), utilizando garrações de 20 litros com volumes úteis de 18 L, sendo 15 L de meio e 3 L de uma pré-cultura das microalgas produzida no mesmo meio (inóculo). Após a inoculação da microalga, não houve mais a adição de meio de cultura no frasco durante todo desenvolvimento do cultivo, caracterizando uma cultura do tipo estacionária ou “Batch” (LOURENÇO, 2006).

O acompanhamento dos cultivos foi realizado através da obtenção da densidade óptica e contagem de células. A densidade óptica (DO 680nm) foi determinada através de um espectrofotômetro de leitura direta. A determinação da densidade óptica inicial dos cultivos foi realizada utilizando a relação  $VF = DF/DI \times VI$ , em que VF = Volume final a ser mantido; DF = densidade óptica desejada, DI = densidade do do inóculo e VI = volume do inóculo.

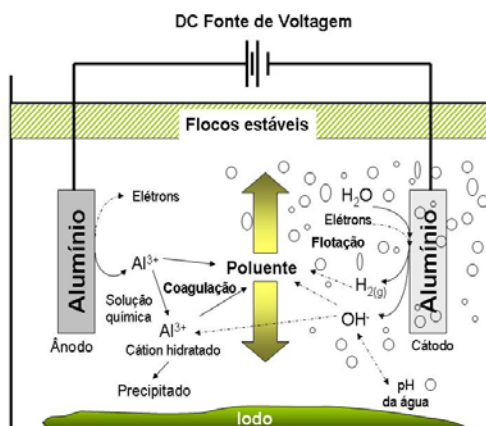
A contagem celular foi realizada em um microscópio óptico, utilizando uma câmara de Neubauer espelhada. Para a contagem, foi retirada uma alíquota de 5mL e foram fixadas com formol neutralizada com tetraborato de sódio (bórax), sendo expressa em cel mL<sup>-1</sup>.

Os valores médios de contagens de células serão utilizados para traçar as curvas de crescimento, nas quais serão identificadas as fases de crescimento ao longo do cultivo, bem como utilizados para determinar as concentrações celulares máximas (X<sub>max</sub>) e as taxas de crescimento em divisões por dia (K), que foram obtidas nos dias de maiores produtividades das culturas (OHSE et al., 2008).

A taxa de crescimento K foi calculada de acordo com Lourenço (2006), através da equação  $K = \log_2 (N_f - N_0) / Dt$  onde: K é a taxa de crescimento; N<sub>0</sub> e N<sub>f</sub> as densidades ópticas no início e no dia em que o cultivo obteve a máxima concentração celular, respectivamente, e Dt a duração do cultivo em dias.

Estas duas variáveis foram submetidas a uma correlação linear e, posteriormente, foi obtida a equação de regressão linear entre as mesmas, através da fórmula  $Y = a.X + b$ , onde Y corresponde à densidade celular (cel mL<sup>-1</sup>); X à densidade óptica (DO 680nm); b o coeficiente angular ou inclinação da reta a o coeficiente linear.

A Figura 1 representa o processo de eletrocoagulação:



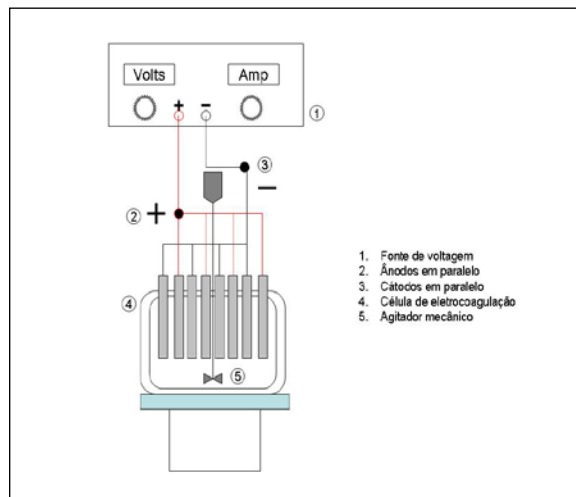
**Figura 1 – Detalhes do Processo de Eletrocoagulação**  
**FONTE: HOLT, P., 2002.**

A EC ocorre basicamente em quatro etapas:

- Geração eletroquímica do agente coagulante.
- Adsorção, neutralização e varredura.
- Eletrocoagulação.
- Flotação ou decantação das impurezas.

O aparato experimental foi montado de acordo como ilustrado na Figura 2. A célula foi construída com material acrílico com dimensões 100 x 150 x 180 mm, sendo utilizado o volume de 1500 mL. Foram utilizados oito eletrodos,

sendo 4 cátodos e 4 ânodos, em forma de placas de alumínio apresentando as dimensões iguais de 50 x 110 x 3 mm, com área de superfície total de 0,04784 m<sup>2</sup> e a distância entre os eletrodos na célula de EC é de 11 mm em todos os experimentos. Os eletrodos foram conectados de forma monopolar a uma fonte de tensão (DAWER FCC-3020 D 30 V e 20 A). A agitação foi realizada através de um agitador mecânico com velocidade 300 rpm.



**Figura 2 – Reator Eletroquímico**

Após final da fase de crescimento exponencial máximo, a concentração inicial de algas no cultivo é determinada através de espectrofotometria e contagem celular, em seguida aplica-se o processo de eletrocoagulação ao cultivo observando-se os seguintes parâmetros; inicial e final: concentração, pH, condutividade, densidade de corrente, agitação, temperatura e tempo de eletrocoagulação.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados mostraram que a remoção de algas por eletrocoagulação é muito eficaz. Com os seguintes parâmetros previamente estabelecidos: pH inicial 8,14, Condutividade 1818  $\mu\text{Scm}^{-1}$ , densidade de corrente de 41,80 Amperes por m<sup>2</sup>, agitação de 300 rpm e tempo de eletrocoagulação de 30 minutos, Temperatura 27,6 oC e Absorbância (680nm) de 0,104 com 100% de remoção para a clorofícea *Chlorella* sp e pH inicial 6,53, Condutividade >4000  $\mu\text{Scm}^{-1}$ , densidade de corrente de 41,80 Amperes por m<sup>2</sup>, agitação de 300 rpm e tempo de eletrocoagulação de 30 minutos, Temperatura 27,4 oC e Absorbância (680nm) de 0,212 com 90,10% de remoção para a clorofícea *Nannochloropsis* sp. O estudo completo se dará através da otimização de valores para mais e para menos dos parâmetros citados anteriormente.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. HOLT, P. Electrocoagulation: Unravelling and synthesising the mechanisms behind a water treatment process. Sydney, 2002. 200p. Thesis.
2. LOURENÇO, S. O. Cultivo de microalgas marinhas: princípios e aplicações. São Carlos: Rima, v. 1, p588-620. 2006.
3. OHSE, S.; DERNER, R. B.; OZÓRIO, R. A.; BRAGA, M. V. C.; CUNHA, P.; LAMARCA, C. P.; SANTOS, M. E. Crescimento de microalgas em sistema autotrófico estacionário. Revista Biotemas, Florianópolis, v. 21, n. 2, p. 7-18, Jun. 2008.
4. PICARD, T.; CATHALIFAUD-FEUILLADE, G.; MAZET, M.; VANDENSTEENDAM, C. Cathodic dissolution in the electrocoagulation process using aluminium electrodes. Journal Environmental Monitoring, v.2, p.77-80, 2000.