



República Federativa do Brasil

Ministério do Desenvolvimento, Indústria,  
Comércio e Serviços

Instituto Nacional da Propriedade Industrial



(21) BR 102024011044-7 A2

(22) Data do Depósito: 01/06/2024

(43) Data da Publicação Nacional:  
09/12/2025

(54) **Título:** PROCESSO DE TRATAMENTO POR ELETROFLOTAÇÃO DE ÁGUA CONDENSADA DA EVAPORAÇÃO DO LEITE

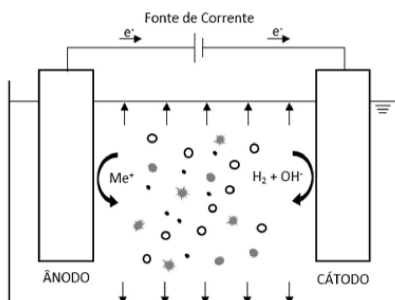
(51) **Int. Cl.:** C02F 1/463; C02F 1/465; C02F 103/32.

(52) **CPC:** C02F 1/463; C02F 1/465; C02F 2103/327; C02F 2209/08.

(71) **Depositante(es):** UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA JULIO DE MESQUITA FILHO; LATICINIOS BELA VISTA S.A..

(72) **Inventor(es):** GUILHERME PEIXOTO; PAULO ALVES DA COSTA FILHO.

(57) **Resumo:** PROCESSO DE TRATAMENTO POR ELETROFLOTAÇÃO DE ÁGUA CONDENSADA DA EVAPORAÇÃO DO LEITE. O presente pedido de patente de invenção, pertencendo ao campo da Engenharia, Química e Biotecnologia, mais especificamente na área de Bioprocessos, se refere ao desenvolvimento de um processo de tratamento da água extraída do leite, após o processo de produção do leite condensado aplicando a eletroflotação para remoção de matéria orgânica da água. O tratamento eletroquímico por eletrocoagulação/eletroflotação, em que o processo é realizado, ocorre em um reator eletroquímico, de modo contínuo, em que uma corrente elétrica é aplicada, visando a remoção de demanda química de oxigênio (DQO), e garantindo assim uma água de melhor qualidade que poderá ser reutilizada na indústria de maneira geral.



## **PROCESSO DE TRATAMENTO POR ELETROFLOTAÇÃO DE ÁGUA CONDENSADA DA EVAPORAÇÃO DO LEITE**

### **INTRODUÇÃO**

[001] O presente pedido de patente de invenção compreende o desenvolvimento de um processo para remoção de matéria orgânica e tratamento da água extraída após as etapas de evaporação e condensação, o tratamento da água é realizado por meio da tecnologia de eletroflotação.

### **CAMPO DE APLICAÇÃO**

[002] A principal aplicação da tecnologia é na área de Engenharia, Química e Biotecnologia, mais especificamente na área de Bioprocessos, gerando assim água com melhor qualidade para ser utilizadas para diversas aplicações em uma fábrica, como limpezas em geral, usos em sanitários ou como água de '*makeup*' de caldeiras.

### **ESTADO DA TÉCNICA**

[003] O leite é um alimento consumido mundialmente que possui alto valor nutritivo com cerca de 3,5% de gorduras, 3,5% de proteínas, 4,7% de lactose, 0,8% de minerais e 87,5% de água. Diversos processos industriais podem ser empregados para viabilizar o consumo do leite, seja para prolongar o tempo de validade, caso dos processos UHT (leite tratado termicamente) e leite em pó ou para a produção de outros produtos, como a produção de leite condensado, creme de leite, iogurtes e queijos. Durante alguns desses processos, grande parte da água é removida do leite para a concentração dos sólidos presentes, como é o caso da produção de leite condensado. Essa água extraída é denominada por muitos autores de '*cow water*' ou 'água de vaca'.

[004] A água de vaca pode ser utilizada para diversas aplicações em uma fábrica, como para limpezas em geral, usos em sanitários ou como água de '*makeup*' de caldeiras. Para viabilizar essa utilização, é necessário a purificação da água para remoção de compostos residuais provenientes da concentração do leite.

[005] A escassez hídrica é notícia recorrente e por isso, novas formas de aproveitamento da água são estudadas. Dessa forma o reuso da grande quantidade de água de vaca gerada a torna uma importante fonte de abastecimento. A reutilização desse recurso, empregando-se o tratamento adequado, traz inúmeros benefícios para a indústria, como redução do consumo de água potável, que pode ser redirecionado para outros fins; redução da captação de água doce em regiões com possível escassez; redução do risco de paralização da produção devido à escassez de água; melhora na imagem e reputação da marca, com a adoção de uma prática sustentável.

[006] Existem várias técnicas que podem ser empregadas e a eletroflotação é uma tecnologia promissora para o tratamento da água. A eletroflotação é um processo eletrolítico no qual se aplica uma diferença de potencial entre placas (eletrodos) para a desestabilização de substâncias presentes no meio líquido. Dentre eles, na eletrocoagulação ocorre a formação de coagulantes pela liberação de íons metálicos e com a hidrólise da água há formação de hidróxidos que desestabilizam as partículas poluentes. Devido a esse processo de hidrólise, bolhas de ar são então formadas e adsorvem as partículas, havendo assim o processo de flotação. O processo de eletroflotação é a combinação da eletrocoagulação com a flotação com ar dissolvido.

[007] Como técnica de tratamento de água e efluentes, a eletroflotação pode ser utilizada em diversas aplicações. Os processos eletrolíticos de tratamento podem ser utilizados para tratamento de fluidos orgânicos ou inorgânicos. As técnicas se mostraram eficientes para o tratamento de efluentes oleosos, para remoção de demanda química de oxigênio (DQO), turbidez e condutividade. Para água contaminada com metais ou água utilizada no processamento do petróleo, a eletroflotação também é eficaz. Para o tratamento de resíduos sanitários a técnica é amplamente estudada, apresentando elevada remoção de contaminantes. Para o tratamento de efluentes proveniente de indústrias alimentícias esse tipo de tratamento também é boa alternativa para tratamento, caso dos efluentes de indústrias de laticínios. Todavia, ainda não foram apresentados na literatura

aplicação da técnica de eletroflotação para o tratamento da água condensada extraída do leite.

[008] O documento PI0914257-6, intitulado “Processo para a redução da demanda química de oxigênio, carbono orgânico total e sólidos totais em vinhaças mediante eletroflotação/oxidação”, descreve a remoção de matéria orgânica aplicando-se a eletroflotação para a vinhaça. A presente invenção está relacionada a um processo para a redução da demanda química de oxigênio (DQO), do carbono orgânico total (COT) e dos sólidos totais de resíduos não contaminantes provenientes de destilarias de álcool, mediante técnicas de eletroflotação /oxidação.

[009] O documento BR1020150309759, intitulado “Tratamento de efluente proveniente da lavagem de biodiesel com uso de eletroflotação/eletrooxidação e fenton acoplados”, descreve a eletroflotação combinada a outros processos de tratamento para efluente de lavagem de biodiesel. A presente patente de invenção descreve o tratamento da água residual proveniente da produção de biodiesel. O processo compreende o uso de reatores contíguos, onde a primeira etapa consiste do emprego de técnicas eletroquímicas a partir do uso de eletrodo não sacrificial produzido por meio da deposição de óxidos metálicos em um suporte de titânio. Seguindo-se do uso da reação de Fenton, possibilitando a geração de radicais hidroxila, os quais promovem a degradação da matéria orgânica presente, além de conduzir a um processo de coagulação química decorrente da precipitação do ferro após tratamento via Fenton.

[010] O documento BR2020170009136, intitulado “Sistema de tratamento de efluentes por eletroflotação e desinfecção de água com ozônio de forma automatizada”, descreve o tratamento por eletroflotação da água. Compreende um sistema de tratamento de efluentes que é compreendido por utilizar três reservatórios, o reservatório A disposto de um sensor de nível controlado por um microcontrolador que analisa o nível dos efluentes, que ao chegar ao nível desejado o microprocessador liga o equipamento que envia os efluentes para o reservatório B, neste possui um sensor de nível que é controlado pelo microcontrolador esse aciona

as placas aonde começará o processo da eletrolise entre os catodos e anodos, nelas passam corrente elétrica CC e o controle da tensão e a corrente elétrica é controlada por um módulo de potência, neste reservatório B possui sensores que são responsáveis pelo tempo de análise da eletrolise e de ligar o raspador de rejeito e o equipamento agitador, quando o processo estiver no parâmetro de qualidade indicado pelos sensores são desligado o raspador de rejeito, o equipamento agitador e o módulo de potência, então inicia o processo de drenagem pelo equipamento para o reservatório C, nele ocorrerá o processo de desinfecção da água através do ozônio, o gerador de ozônio está localizado no painel elétrico de comando esse entrará em funcionamento quando o equipamento for acionado e manterá acionado até uns minutos antes do processo de eletrolise for desligado, através do equipamento será drenado a água do reservatório C.

[011] O documento BR1120190091173, intitulado “Sistema e método de tratamento de águas residuais por meio de eletroflotação aprimorada”, descreve o tratamento por eletroflotação de águas residuais. Um método de tratamento de águas residuais envolve a eletrólise de um fluxo de mistura de água do mar e águas residuais dentro de uma ou mais células eletrolíticas montadas fora de um tanque de lote. O fluxo eletrolítico é canalizado para uma câmara de supressão que é montada acima do tanque de lote. Injeta-se uma solução de polímero diluída fluxo acima de uma tubulação de mistura em linha na câmara de supressão praticamente em simultâneo com o fluxo eletrolítico. A solução de polímero e o fluxo eletrolisado são dispersos como um chuveiro fino sobre a água do mar residual e águas residuais no tanque de lote. A solução de polímero facilita a floculação das partículas sólidas em suspensão e cria uma camada flutuante distinta de partículas sólidas floculadas ligadas a microbolhas. Um efluente substancialmente clarificado é separado da camada floculada e neutralizado antes da descarga. A camada floculada é bombeada do tanque de lote para um sistema de secagem onde os sólidos arrastados são compactados até um nível desejado. Um concentrado gerado durante a etapa de secagem de sólidos/lamas é recirculado para o tanque de lote antes da adição de

água do mar durante um ciclo de tratamento subsequente como um suplemento para a água do mar.

#### OBJETIVOS DA INVENÇÃO

[012] O objetivo da presente invenção é o desenvolvimento de um processo para remoção de matéria orgânica e tratamento da água extraída do leite por processo de evaporação e condensação, utilizando a técnica de eletroflotação.

#### VANTAGENS DA INVENÇÃO

[013] A vantagem desta invenção é a utilização de um processo eletroquímico denominado eletroflotação, processo que geralmente não é utilizado para remoção de matéria orgânica em águas com baixa condutividade e sim para remoção de sais.

#### DESCRIÇÃO DETALHADA DAS FIGURAS

[014] A Figura 1 é um esquema representativo do processo eletroquímico de eletroflotação.

[015] A Figura 2 é um esquema representativo dos mecanismos de suspensão de partículas e quebra de emulsões na eletrocoagulação.

[016] A Figura 3 é uma fotografia do aparato experimental utilizado para os ensaios.

[017] A Figura 4 é uma fotografia do reator eletrolítico.

[018] A Figura 5 é uma fotografia ilustrando o eletrodo utilizado nos experimentos de eletroflotação.

[019] A Figura 6 ilustra o fluxograma de blocos do sistema de tratamento por eletroflotação.

[020] A Figura 7 ilustra o gráfico da concentração e eficiência de remoção de DQO em relação aos diferentes experimentos agrupados de acordo com a corrente aplicada.

[021] A Figura 8 ilustra o gráfico da concentração e eficiência de remoção de DQO em relação aos diferentes experimentos agrupados de acordo com o TDH aplicado.

[022] A Figura 9 ilustra o gráfico da concentração e eficiência de remoção de DQO em relação aos diferentes experimentos agrupados de acordo com o espaçamento entre os eletrodos.

[023] A Figura 10 é o gráfico que ilustra a superfície de resposta para a remoção de matéria orgânica (RMO) da 'água de vaca' submetida aos ensaios de eletroflotação.

#### DESCRIÇÃO DETALHADA DA INVENÇÃO

[024] O presente de invenção refere-se ao processo de remoção de demanda química de oxigênio (DQO) da água extraída do leite, compreendendo as etapas de:

- a) Ensaios de eletroflotação;
- b) Avaliação da remoção de DQO;

##### Etapas A: Ensaios de eletroflotação

[025] Para o início dos testes, o sistema foi montado, colocou-se os eletrodos já pesados no reator. Água limpa foi bombeada para preencher todo o sistema retirando o ar, que pode interferir nas medições de vazão e nos resultados do experimento eletrolítico. Após o bombeamento com água limpa, com volume suficiente para encher todo o sistema até o transbordamento pela saída de água tratada, iniciou-se o bombeamento com água de vaca, até o mesmo transbordamento. Em seguida, os eletrodos foram ligados à fonte de corrente contínua pela conexão de pinças metálicas dando-se início aos experimentos.

[026] A vazão aplicada variou de acordo com os tempos de detenção hidráulica (TDH) definidos em planejamento experimental, sendo variadas também a corrente e a distância entre os eletrodos. O planejamento experimental baseou-se no delineamento fatorial de experimentos, utilizando 3 fatores e 2 níveis para a análise dos efeitos (principais e de interação) sobre a variação da remoção de demanda química de oxigênio (DQO), que é a medida indireta da concentração de matéria orgânica. Os fatores são a corrente (1), o TDH (2) e distância entre placas (3), os níveis são os limites inferiores (-1) e os limites superiores (+1). A seguir são apresentadas três tabelas, a primeira contém os parâmetros operacionais selecionados (Tabela 1), a segunda contém o delineamento experimental codificado (Tabela 2) e a terceira, os parâmetros discretizados empregados no planejamento experimental (Tabela 3).

Tabela 1: Variáveis e níveis investigados

| Fatores | Variável                       | (-1) | (0) | (+1) |
|---------|--------------------------------|------|-----|------|
| 1       | Corrente (A)                   | 10   | 30  | 50   |
| 2       | TDH (h)                        | 20   | 40  | 60   |
| 3       | Distância entre eletrodos (cm) | 0,3  | 0,9 | 1,5  |

Tabela 2: Delineamento fatorial com triplicatas no ponto central

| Ensaio | Fatores |    |    |
|--------|---------|----|----|
|        | 1       | 2  | 3  |
| 1      | +1      | -1 | -1 |
| 2      | +1      | +1 | -1 |
| 3      | +1      | -1 | +1 |
| 4      | +1      | +1 | +1 |
| 5      | -1      | +1 | +1 |
| 6      | -1      | -1 | +1 |
| 7      | -1      | +1 | -1 |
| 8      | -1      | -1 | -1 |
| 9      | 0       | 0  | 0  |
| 10     | 0       | 0  | 0  |
| 11     | 0       | 0  | 0  |

Tabela 3: Parâmetros analisados conforme delineamento experimental

| Ensaio | Corrente (mA) | TDH (min) | Distância entre os eletrodos (cm) |
|--------|---------------|-----------|-----------------------------------|
| 1      | 50            | 20        | 0,3                               |
| 2      | 50            | 60        | 0,3                               |
| 3      | 50            | 20        | 1,5                               |
| 4      | 50            | 60        | 1,5                               |
| 5      | 10            | 60        | 1,5                               |
| 6      | 10            | 20        | 1,5                               |
| 7      | 10            | 60        | 0,3                               |
| 8      | 10            | 20        | 0,3                               |
| 9      | 30            | 40        | 0,9                               |
| 10     | 30            | 40        | 0,9                               |
| 11     | 30            | 40        | 0,9                               |



### Etapa B: Avaliação da remoção de DQO

[027] Para análise da eficiência da tecnologia estudada, determinou-se a concentração de DQO da amostra antes e após a eletroflotação. Foram utilizados kits reagentes Spectroquant® COD Cell Test da marca Merck, aplicáveis para uma faixa de medição de 10 mg/L a 150 mg/L.

[028] O método consiste na oxidação da amostra a ser estudada com uma solução de ácido sulfúrico com dicromato de potássio usando sulfato de prata como catalizador. Interferências por concentrações de cloro são eliminadas com o sulfato de mercúrio. A concentração de íons não consumidos de cromato ( $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ ) é determinada fotometricamente. O método corresponde a DIN ISSO 15705 e é análogo a EPA 410.4, APHA 5220 D, e ASTM D1252-06 B (MERCK, 2019).

[029] A eficiência do processo de eletroflotação foi calculada utilizando equação 1 abaixo:

$$\eta = C_i(C_i - C_f) \quad (\text{Equação 1})$$

[030] Em que:  $\eta$  = eficiência de remoção de DQO, em %;  $C_i$  = concentração de DQO na amostra antes do experimento, em mg/L;  $C_f$  = concentração de DQO na amostra depois do experimento, em mg/L.

[031] Devido a aplicação da diferença de potencial, a corrente elétrica gerada é responsável pela oxidação do anodo, havendo a formação de cátions metálicos, para o caso do experimento foram de alumínio, que são hidrolisados e se aderem eletrostaticamente às partículas de poluentes, formando os coágulos. Essas partículas são então carregadas por microbolhas de hidrogênio e oxigênio formados pela eletrólise da água (Figura 1), também decorrente da aplicação de corrente elétrica.

[032] O mecanismo de desestabilização dos contaminantes é representado pela Figura 2. A oxidação do anodo de sacrifício gera uma dupla camada em volta dos poluentes devido às interações dos íons formados. A neutralização de cargas de espécies iônicas presentes no efluente pela formação de íons de cargas contrárias permitem a predominância das forças de van der Waals. Os flocos formados por

resultado da coagulação criam camadas que aprisionam partículas coloidais que ainda permanecem na solução aquosa.

[033] O aparato experimental segue representado na Figura 3, com destaque para a água a ser tratada (A); bomba dosadora (B); eletroflotador (C); fonte de alimentação (D) e efluente eletroflotado (E).

[034] O protótipo do reator eletrolítico (Figura 4) foi impresso em impressora 3D com PLA de material estrutural, com volume útil de 130 mL, operando em modo contínuo, conforme planejamento experimental, com destaque para a entrada de água no reator (F); eletrodos (G); saída de efluente do reator (H) e reator eletrolítico de PLA (I).

[035] Os eletrodos de alumínio utilizados possuíam as dimensões de (60x2x40mm) e cada um possuía 10 furos (Figura 5) para que o líquido tratado não encontre caminhos preferenciais. Os eletrodos foram conectados a fios de polos negativos e positivos, sendo utilizados no total dois catodos e dois anodos para cada ensaio realizado.

[036] O fluxo do líquido a ser tratado seguiu as etapas discriminadas no fluxograma (Figura 6). Para o início dos testes, o sistema foi montado e colocou-se os eletrodos já pesados no reator. Água limpa foi bombeada para preencher todo o sistema retirando o ar, que pode interferir nas medições de vazão e nos resultados do experimento eletrolítico. Após o bombeamento com água limpa, com volume suficiente para encher todo o sistema até o transbordamento pela saída de água tratada, iniciou-se o bombeamento com água de vaca, até o mesmo transbordamento. Em seguida, os eletrodos foram ligados à fonte de corrente contínua pela conexão de pinças metálicas dando-se início aos experimentos.

[037] A remoção de DQO para os diferentes experimentos segue apresentada na tabela 4.

Tabela 4: Resultados obtidos para a remoção de DQO para a água de vaca.

| Ensaio | Corrente (mA) | $\delta$ (mA/cm <sup>2</sup> ) | TDH (min) | Distância entre os eletrodos (cm) | DQO Bruto (mg/L) | DQO (mg/L) | Eficiência remoção DQO (mg/L) |
|--------|---------------|--------------------------------|-----------|-----------------------------------|------------------|------------|-------------------------------|
| 1      | 50            | 0,26                           | 20        | 0,3                               | 84,84            | 41,50      | 51,08%                        |
| 2      | 50            | 0,26                           | 60        | 0,3                               | 84,84            | 53,98      | 36,37%                        |
| 3      | 50            | 1,32                           | 20        | 1,5                               | 84,84            | 66,05      | 22,15%                        |
| 4      | 50            | 1,32                           | 60        | 1,5                               | 84,84            | 48,84      | 42,43%                        |
| 5      | 10            | 0,79                           | 60        | 1,5                               | 84,84            | 34,93      | 58,82%                        |
| 6      | 10            | 0,79                           | 20        | 1,5                               | 84,84            | 43,70      | 48,50%                        |
| 7      | 10            | 0,79                           | 60        | 0,3                               | 84,84            | 47,60      | 43,89%                        |
| 8      | 10            | 0,26                           | 20        | 0,3                               | 84,84            | 59,12      | 30,31%                        |
| 9      | 30            | 0,26                           | 40        | 0,9                               | 84,84            | 49,89      | 41,20%                        |
| 10     | 30            | 1,32                           | 40        | 0,9                               | 84,84            | 50,69      | 40,26%                        |
| 11     | 30            | 1,32                           | 40        | 0,9                               | 84,84            | 55,79      | 34,24%                        |

[038] As Figuras 7, 8 e 9 são gráficos que mostram os resultados dos experimentos de acordo com os três parâmetros avaliados, densidade de corrente, TDH e distância entre os eletrodos. Como pode ser observado na Figura 7 a seguir, para os quatro experimentos realizados aplicando-se a corrente de 50 mA (13,2 A/m<sup>2</sup>), experimentos 1, 2, 3 e 4, observou-se que para as menores distâncias entre os eletrodos, obtém-se uma maior remoção de DQO, caso dos experimentos 1 e 2. Para o menor TDH estudado, a remoção foi maior. Nos experimentos realizados com corrente de 10 mA (2,6 A/m<sup>2</sup>), as maiores eficiências foram observadas com os eletrodos a maiores distâncias (experimentos 5 e 6). Nesse caso, o menor TDH apresentou a maior eficiência (experimento 5).

[039] Na Figura 8, é possível notar que para o menor TDH avaliado, 20 minutos, a menor eficiência foi para o experimento 3, com 50 mA de corrente aplicada e distância entre os eletrodos de 1,5 cm. A maior eficiência de remoção de DQO foi observada no experimento 1, com 50 mA, 13,2 A/m<sup>2</sup>, de corrente aplicada e 0,3 cm de distância entre os eletrodos. Já para o maior TDH avaliado, de 60 minutos, a maior eficiência foi do experimento 5, com 58,82% de eficiência para uma DQO da água tratada de 34,93 mg/L. A menor eficiência ocorreu com aplicação de 50 mA de corrente, o que equivale a 13,2 A/m<sup>2</sup>, e 0,3 cm entre os eletrodos. Portanto, quando se aplicou o maior TDH (60 minutos), obteve-se uma melhor eficiência para uma menor corrente

aplicada (10 mA) e densidade de corrente de 2,6 A/m<sup>2</sup> com uma maior distância entre os eletrodos.

[040] O efeito do espaçamento entre os eletrodos também foi investigado e os resultados para a remoção de DQO seguem representados na Figura 9. Para um menor espaçamento entre os eletrodos (0,3 cm), observou-se que com uma maior densidade de corrente aplicada (13,2 A/m<sup>2</sup>) e um menor TDH (20 min.), obtém-se uma melhor eficiência de remoção de DQO, caso do experimento 1. A menor eficiência, de 30,31%, foi para uma densidade de corrente de 2,6 A/m<sup>2</sup> e 20 minutos de TDH, caso do experimento 8. Para a maior distância aplicada entre os eletrodos, observou-se que a melhor eficiência obtida (58,82%), com uma densidade de corrente aplicada de 2,6 A/m<sup>2</sup> e 60 minutos de TDH (experimento 5). E a eficiência mais baixa (22,15%), para uma densidade de corrente aplicada de 13,2 A/m<sup>2</sup>, com 20 minutos de TDH, foi verificada no do experimento 3.

[041] Os efeitos dos três fatores estudados foram analisados estatisticamente obtendo a superfície de resposta da Figura 10. Os dados analisados seguem apresentados na tabela abaixo:

Tabela 5: Efeitos de corrente, TDH e distância em relação a remoção de matéria orgânica (RMO).

| Fator                               | Interação  | (1) i<br>(mA) | (2) TDH<br>(min) | (3) d<br>(cm) | 1 by 2    | 1 by 3     | 2 by 3    |
|-------------------------------------|------------|---------------|------------------|---------------|-----------|------------|-----------|
| Efeito                              | 41,295000  | -7,3733       | 7,373300         | 2,561600      | -4,5823   | -13,996500 | 7,934600  |
| Erro padrão/<br>Erro puro           | 0,295557   | 0,693142      | 0,693142         | 0,693142      | 0,693142  | 0,693142   | 0,693142  |
| t (2)                               | 139,719300 | -10,6375      | 10,637600        | 3,695600      | -6,6108   | -20,1929   | 11,447300 |
| P                                   | 0,000051   | 0,008722      | 0,008722         | 0,066047      | 0,022125  | 0,002443   | 0,007545  |
| -95% Limite<br>de<br>Confiabilidade | 40,023300  | -10,3556      | 4,390900         | -0,4207       | -7,5646   | -16,9789   | 4,952200  |
| +95% Limite<br>de<br>Confiabilidade | 42,566700  | -4,3908       | 10,355600        | 5,440000      | -1,5999   | -11,0142   | 10,916900 |
| Coeficiente                         | 41,295010  | -3,68664      | 3,686640         | 1,280800      | -2,29113  | -6,99827   | 3,967290  |
| Erro<br>coeficiente<br>padrão       | 0,295557   | 0,346571      | 0,346571         | 0,346571      | 0,346571  | 0,346571   | 0,346571  |
| -95% Limite<br>de<br>Confiabilidade | 40,023330  | -5,17782      | 2,195470         | -0,21037      | -3,78230  | -8,48945   | 2,476120  |
| +95% Limite<br>de<br>Confiabilidade | 42,566680  | -2,19547      | 5,177820         | 2,771980      | -0,799950 | -5,5071    | 5,458470  |

[042] O efeito isolado da variação da distância não mostrou diferença significativa sobre a remoção de matéria orgânica porque 'p' calculado é superior a 0,05 (0,066), conforme pode ser observado na tabela 5. A variação da corrente e do tempo de detenção tem diferença significativa sobre a remoção de matéria orgânica porque o 'p' é menor que 0,05 (0,008). Houve efeito de interação entre os 3 fatores, por isso estão em vermelho na Tabela e o 'p' é menor que 0,05. A interação mais significativa ocorreu entre o fator 1 (i) com o fator 3 (d) (1 by 3), no qual o p é 0,0024 e indica a relação entre o efeito da corrente combinada com o efeito da distância sobre a remoção de matéria-orgânica.

## REIVINDICAÇÕES

1. Processo para tratamento da água evaporada e condensada do leite, chamada de água de vaca, **caracterizado por** compreender o tratamento eletroquímico da eletrocoagulação/ eletroflotação.
2. Processo, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado por** realizar a utilização de reator eletrolítico para tratamento da água de vaca, que mesmo com baixa condutividade, apresenta altas eficiências.
3. Processo, de acordo com as reivindicações 1 e 2, **caracterizada por** utilizar-se de fonte de corrente para tratamento da água de vaca.
4. Processo, de acordo com as reivindicações 1 a 3, **caracterizado pela** utilização de eletrodos de alumínio para tratamento da água de vaca.
5. Processo, de acordo com as reivindicações 1 a 4, **caracterizado pela** remoção de DQO para diferentes correntes aplicadas para tratamento da água de vaca.
6. Processo, de acordo com as reivindicações 1 a 5, **caracterizado pela** remoção de DQO para diferentes TDHs aplicados para tratamento da água de vaca.
7. Processo, de acordo com as reivindicações 1 a 6, **caracterizado pela** remoção de DQO para diferentes distâncias entre eletrodos para tratamento da água de vaca.

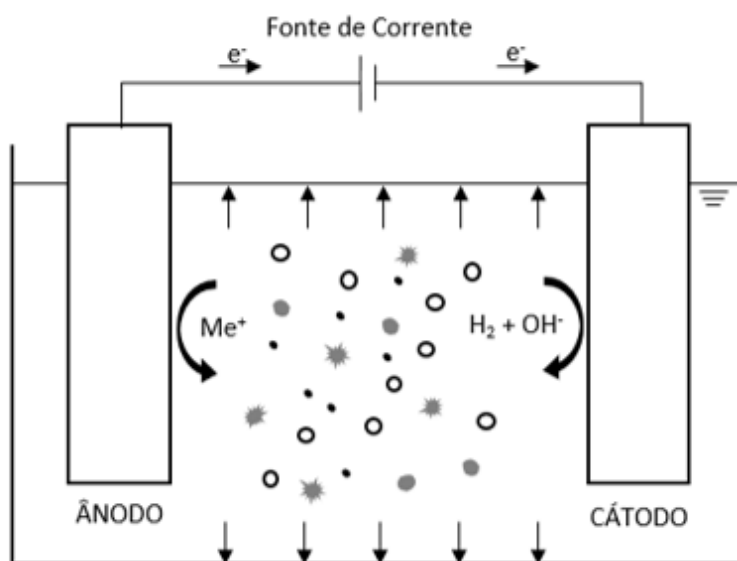
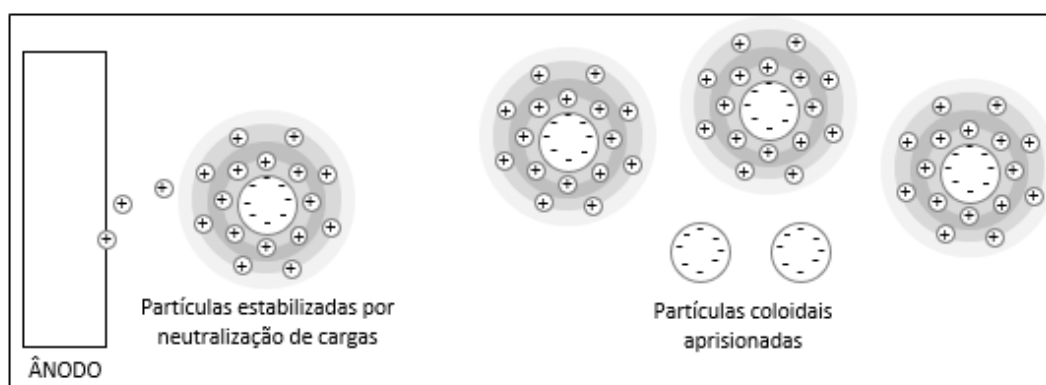
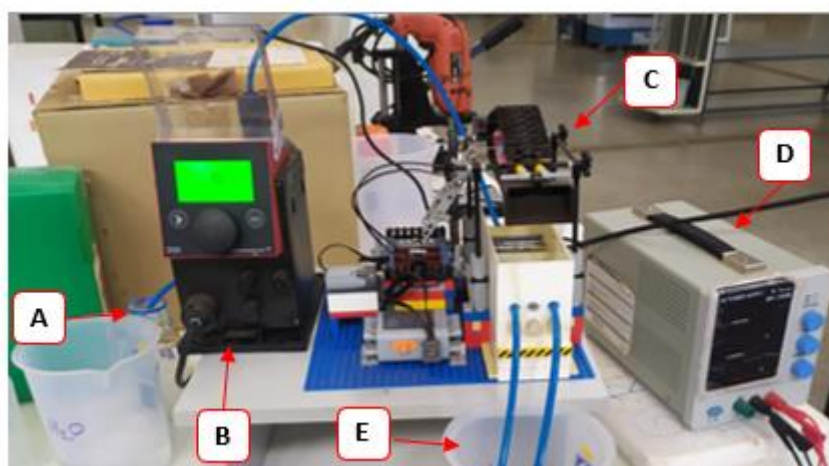
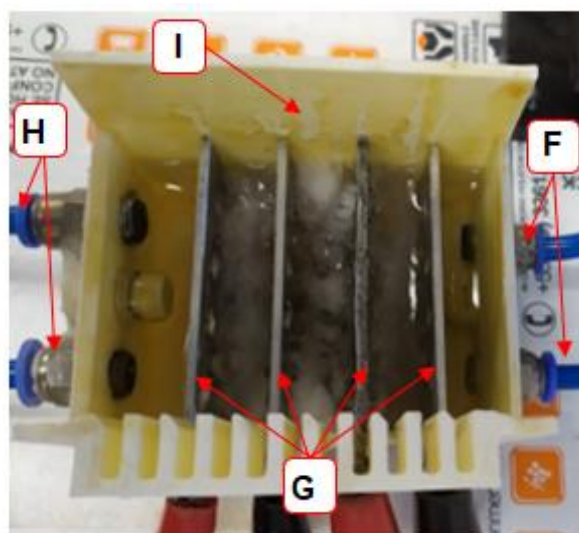


FIGURA 1

**FIGURA 2**



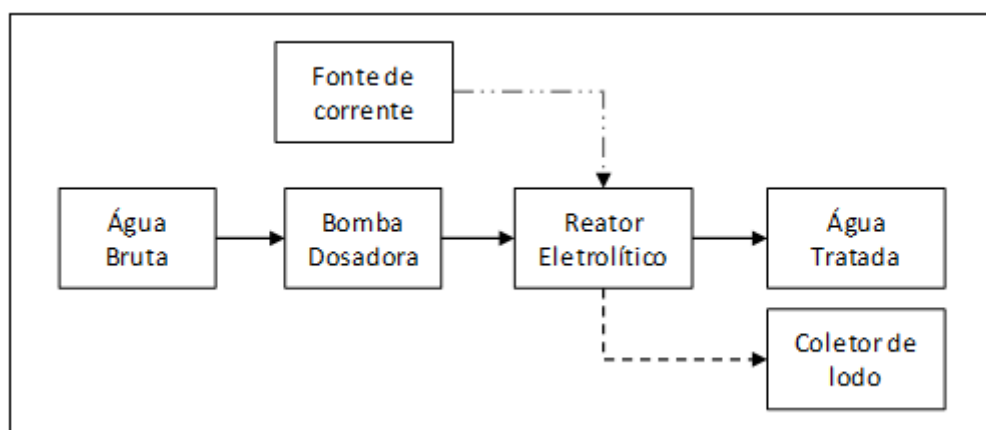
**FIGURA 3**



**FIGURA 4**



**FIGURA 5**

**FIGURA 6**

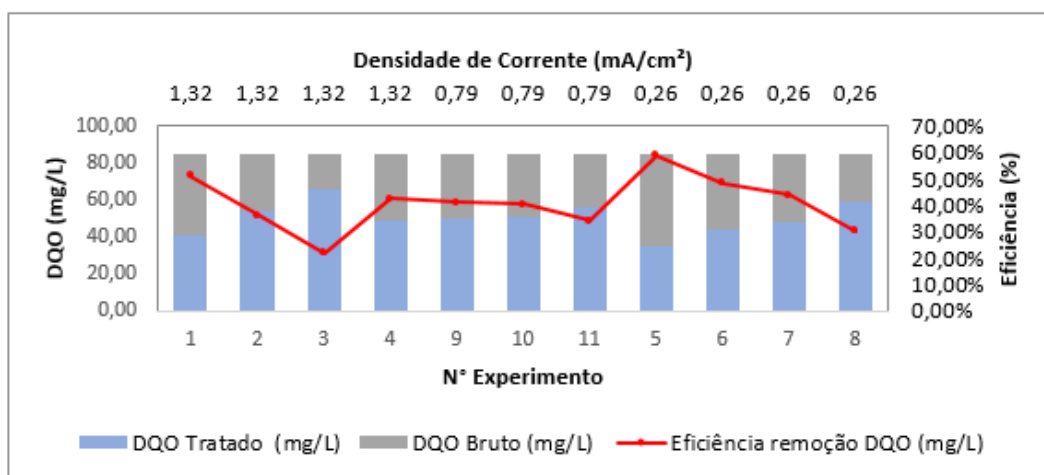


FIGURA 7

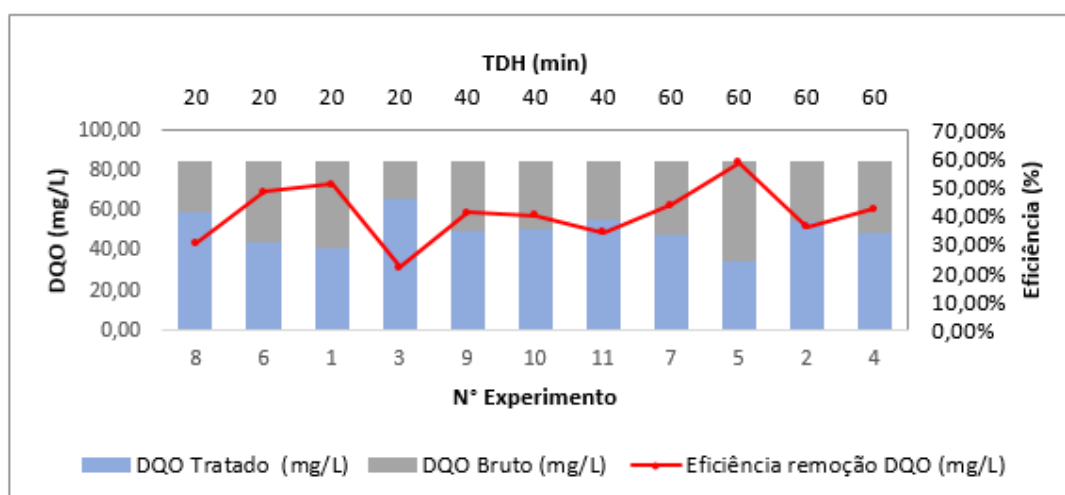


FIGURA 8

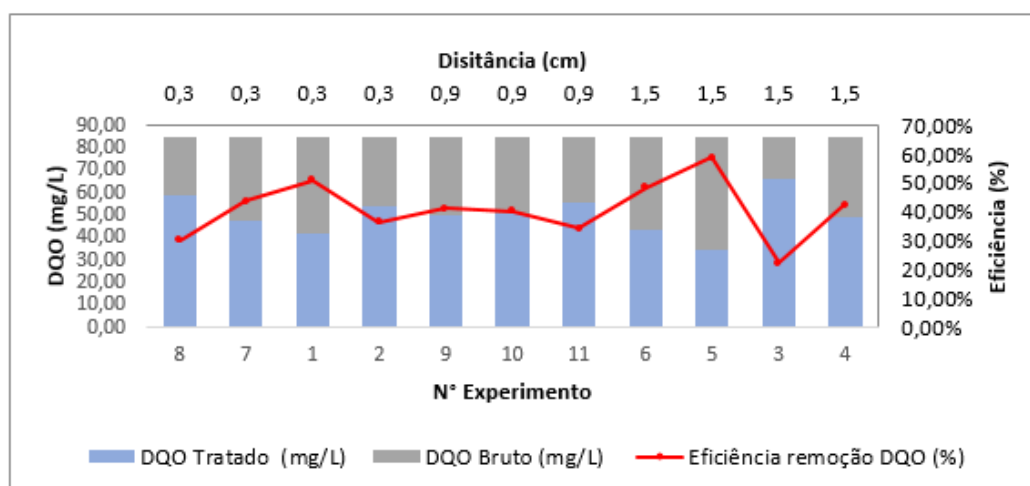


FIGURA 9

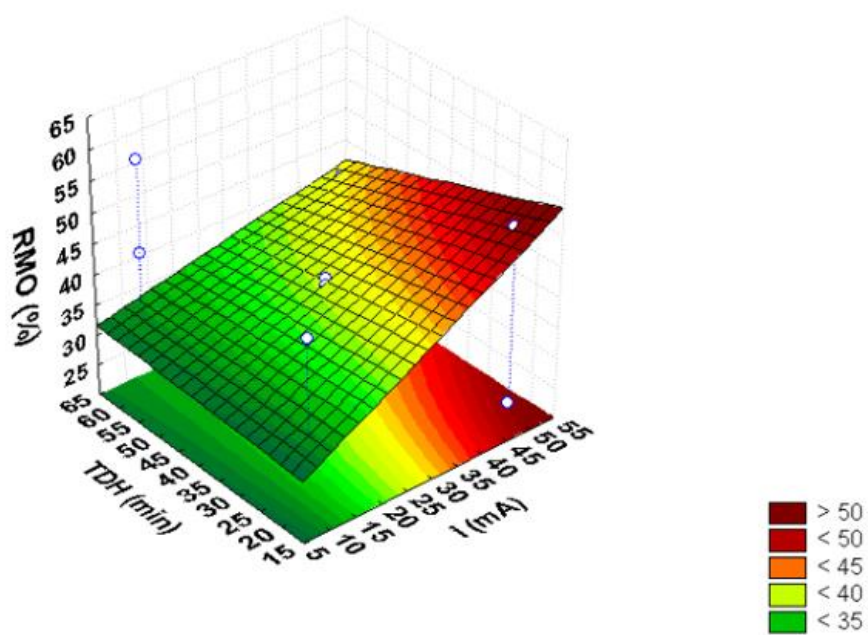


FIGURA 10



## RESUMO

**PROCESSO DE TRATAMENTO POR ELETROFLOTAÇÃO DE ÁGUA  
CONDENSADA DA EVAPORAÇÃO DO LEITE**

O presente pedido de patente de invenção, pertencendo ao campo da Engenharia, Química e Biotecnologia, mais especificamente na área de Bioprocessos, se refere ao desenvolvimento de um processo de tratamento da água extraída do leite, após o processo de produção do leite condensado aplicando a eletroflotação para remoção de matéria orgânica da água. O tratamento eletroquímico por eletrocoagulação/eletroflotação, em que o processo é realizado, ocorre em um reator eletroquímico, de modo contínuo, em que uma corrente elétrica é aplicada, visando a remoção de demanda química de oxigênio (DQO), e garantindo assim uma água de melhor qualidade que poderá ser reutilizada na indústria de maneira geral.