

## TRANSBORDAMENTO DAS PESQUISAS ACADÊMICAS – O CASO DAS INDÚSTRIAS DE TRATAMENTO DE EFLUENTES DE PETRÓLEO

**Nathalia Suelle Pimenta dos Santos** – [nathaliasuelle@hotmail.com](mailto:nathaliasuelle@hotmail.com)

*Bacharelado Interdisciplinar em Ciências e Tecnologia – Universidade Federal do Rio Grande do Norte*

**Vinicius de Oliveira Camara da Cruz** – [viniciusoliveira1001@gmail.com](mailto:viniciusoliveira1001@gmail.com)

*Bacharelado Interdisciplinar em Ciências e Tecnologia – Universidade Federal do Rio Grande do Norte*

**Marina Amanda Câmara Pinheiro** – [marinaamanda1@hotmail.com](mailto:marinaamanda1@hotmail.com)

*Bacharelado Interdisciplinar em Ciências e Tecnologia – Universidade Federal do Rio Grande do Norte*

**Leandro de Souza Rodrigues** – [Leandro.rn.souza@hotmail.com](mailto:Leandro.rn.souza@hotmail.com)

*Bacharelado Interdisciplinar em Ciências e Tecnologia – Universidade Federal do Rio Grande do Norte*

**Carlos Alexandre Camargo de Abreu** – [calexandreabreu@ect.ufrn.br](mailto:calexandreabreu@ect.ufrn.br)

*Programa de Pós-Graduação em Ciência, Tecnologia e Inovação – Universidade federal do Rio Grande do Norte*

**Resumo**—Utilizando a tríplice hélice como referência, esse estudo tenta relacionar a Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) e a indústria de tratamento de efluentes do petróleo. Com o objetivo de transbordar ao mercado a pesquisa realizada na UFRN, cujo objeto de estudo é a aplicação de tratamentos eletroquímicos como uma forma alternativa para o tratamento de compostos orgânicos presentes em efluentes gerados pela indústria petrolífera. Esse trabalho tem caráter exploratório e descritivo, em que foram levantados dados a partir de artigos científicos, livros e sites de empresas da área sobre a tecnologia, seu mercado e formas de aplicá-la, onde notou-se as incubadoras de startups seriam uma forma de transformar essa pesquisa para o mercado como uma inovação.

**Palavras-chave**—Água produzida, efluentes de petróleo, inovação, tecnologia eletroquímica.

**Abstract**—Using the triple helix as reference, this study tries to relate the Federal University of Rio Grande do Norte (UFRN) and the industry of treatment of oil effluents. With the objective of overflowing to the market the research carried out at UFRN, whose object of study is the application of electrochemical treatments as an alternative form for the treatment of organic compounds present in effluents generated by the petroleum industry. This work has an exploratory and descriptive character, in which data were collected from scientific articles, books and websites of companies of the area on technology, its market and ways of applying it, where it was noticed that incubators of startups would be a form to turn this research into the marketplace as an innovation.

**Keywords**—Produced water, oil effluents, innovation, electrochemical technology.

### 1 INTRODUÇÃO

O conceito de tríplice hélice tornou-se reconhecido internacionalmente e está no âmago da disciplina emergente de estudos de inovação, e um guia de políticas e práticas nos âmbitos local, regional, nacional e multinacional. Tal conceito provê uma metodologia para examinar pontos fortes e fracos locais e preencher lacunas nas relações entre universidades, indústrias e governos, com vistas a desenvolver uma estratégia de inovação bem-sucedida. Esse modelo é definido como um modelo de inovação em que a universidade, a indústria e o governo, como esferas

institucionais primárias, interagem para promover o desenvolvimento por meio da inovação e do empreendedorismo. A tríplice hélice também se torna uma plataforma para a “formação institucional”, isto é, a criação de novos formatos organizacionais para promover a inovação, e.g., incubadoras, parques tecnológicos e as firmas de capital de risco (ETZKOWITZ, 2017).

Diversas empresas, principalmente as iniciantes, não teriam as condições técnicas e científicas, ou mesmo financeiras, necessárias para se tornarem produtivas e adquirir solidez neste mercado competitivo. Nesse caso, é preciso uma parceria entre o poder público e as empresas, visando à inovação tecnológica (RIBEIRO ET AL, 2005).

Diante disso, esse trabalho pretende discutir como uma pesquisa acadêmica na área de tratamento de efluentes na indústria do petróleo tem o potencial de gerar resultados benéficos para a sociedade via mercado produtivo, visto que como fruto de pesquisas da área é possível o surgimento de pequenos novos negócios.

O trabalho consiste em um desenvolvimento da importância de métodos de tratamento de efluentes, onde visa-se descrever a tecnologia eletroquímica e sua aplicação. Esse artigo aborda uma pesquisa científica na área realizada na Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) e discute seus potenciais resultados para além da academia.

## 2 A TECNOLOGIA

### 2.1 APLICAÇÃO

Na indústria do petróleo a geração de resíduos é inevitável, destacando a quantidade de águas residuais gerada em todas as etapas do processo de produção: extração, transporte e refino. Neste contexto, surge a pesquisa da UFRN sobre a tecnologia eletroquímica como uma metodologia alternativa para indústria de tratamento de efluentes. Segundo a pesquisa de João Neto (2018), emprega-se reações de eletrólise relacionada a eletrooxidação, eletroflotação, eletrocoagulação, esse processo utiliza energia elétrica para realizar uma transformação, possibilitando aumentar a capacidade e a eficiência do tratamento físico-químico tradicional da água produzida.

Na extração do petróleo uma quantidade considerável de água é injetada nos poços visando aumentar a pressão, além de que em alguns casos já existe uma grande quantidade de água misturada ao próprio óleo (ZANTA et al. 2004). Essa água utilizada pelas empresas que extraem petróleo contém um teor de sais, óleo, metais pesados e substâncias tóxicas bastante elevado, impedindo assim o seu descarte ou reutilização sem o tratamento adequado. Atualmente diversos tipos de tratamentos estão empregados na indústria do petróleo e outros em fase de pesquisas, visando remover a maior quantidade possível de óleos e graxas associadas à água. Dentre os tratamentos utilizados podemos destacar: flotação, filtração, hidrociclones, adsorção, eletroquímico, entre outros (CAMPOS, 2012).

Um dos métodos bastante estudado atualmente, principalmente em resíduos contendo substâncias orgânicas, é a degradação através da oxidação eletroquímica. Esse método tem despertado interesse por ser de fácil controle, limpo (não há necessidade do uso de reagentes) e de baixo custo (SANTOS, 2006). Os processos eletroquímicos possuem um grande potencial no tratamento de efluentes devido ao reduzido tempo de tratamento, pequena área de instalação quando comparada aos processos convencionais, além da possibilidade de serem associadas a outros processos no pré ou pós-tratamento de efluentes e não exigem, de maneira geral, insumos químicos. De um modo geral, a abordagem eletroquímica pode ser considerada mais eficaz por causa dos problemas menores de incrustações eletródicas e/ou corrosão (BRASILEIRO, 2006)

De acordo com Brasileiro (2018), a tecnologia eletroquímica tem sido considerada inofensiva para o meio ambiente, devido à disponibilidade de energia elétrica e sua montagem com plantas “compactas”. Em contraste com outras tecnologias avançadas, a abordagem eletroquímica pode ser considerada mais eficaz do que outras (apud ROCHA, 2009).

Uma forma para que a tecnologia eletroquímica seja aplicada com sucesso na indústria de tratamento de resíduos do petróleo é através da atuação dos reatores eletroquímicos. A implantação de reatores eletroquímicos pode ser efetivada com pequena modificação numa estação de tratamento tradicional, sem demandar área significativa (tendo em vista o alto custo do metro quadrado nas plataformas em alto mar), aproveitando os equipamentos existentes, podendo realizar tratamento contínuo, sem a necessidade de investimentos elevados. (RAMALHO, 2008).

A tecnologia eletroquímica apresenta as seguintes vantagens: relativa disponibilidade de energia elétrica, as condições energéticas reacionais reduzidas (processos a frio), sistemas altamente reprodutíveis e facilmente controláveis permitindo a automação e facilidade de montagem de plantas relativamente compactas (RAMALHO,

2008; PONTES, 2010). Os resultados confirmam que além da aplicabilidade da tecnologia eletroquímica no tratamento da água produzida de petróleo, ela também pode ser aplicada na remoção de metais através da eletrodeposição (ZANTA et al, 2003).

## **2.2 POSSÍVEIS MERCADOS IMPACTADOS E CASOS DE SUCESSO**

O mercado é diverso e as empresas mais envolvidas nesses tratamentos e no uso de reatores eletroquímicos são as empresas petrolíferas e de engenharia sanitária e ambiental, que atuando junto com as petrolíferas tratam desses efluentes. A grande vantagem de se contratar empresas de tratamento de efluentes específicas para o tratamento de águas oleosas é o fato da empresa contratante (petrolíferas) não precisa estruturar internamente uma equipe técnica específica para esta atividade (TSL Ambiental, 2018).

A TSL – Engenharia, Manutenção e Meio Ambiente, vem se destacando e demonstrando que a contratação de uma empresa de tratamento de água produzida e oleosa é importante para indústrias petrolíferas em suas plataformas e refinarias. Esse processo visa o descarte da água nos corpos receptores de acordo com a legislação ambiental e recuperação do óleo com valor agregado presente na água. A empresa de tratamento de água deverá ter procedimentos que garantam eficiência, qualidade e segurança do processo para que sejam atingidos os padrões estabelecidos pelo órgão ambiental (TSL Ambiental, 2018).

Assim como a Empresa Inova H<sub>2</sub>O, que foi criada para atender, desenvolver e gerar soluções voltadas para o meio ambiente. Com mais de 11 anos no ramo de tratamento de água, tornam a InovaH<sub>2</sub>O a solução ideal para o tratamento de água. Tendo como case de sucesso a linha SYE que é composta por um sistema de tratamento de água ecologicamente correto. Não necessita de mão de obra na operação. Sistema compacto e de baixo custo, desenvolvido para atender clientes com capacidade de tratamento de diversas vazões. Sistema de Tratamento de água por processo de flotação por ar dissolvido (FAD). A eletroflotação faz o tratamento da água de forma contínua e eficiente, com menor tempo de detenção (Inova h<sub>2</sub>O, 2017).

## **3 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS**

O tratamento eletroquímico causa baixo impacto ambiental, pois o processo utiliza elétrons como reagente e gera poucos resíduos. Através da ação do próprio elétron as substâncias tóxicas e nocivas ao meio ambiente são removidas ou transformadas através de reações de óxido-redução em substâncias menos tóxicas. Neste contexto, métodos eletroquímicos podem ser uma alternativa promissora para os processos tradicionais para o tratamento de efluentes petroquímicos.

Visto que, a tecnologia eletroquímica sai na frente em benefícios tanto no tratamento dos efluentes, sendo mais eficiente que o tratamento biológico, quanto na sociedade gerando mais empregos nas empresas que tratam esses efluentes, como também nos investidores de novas possibilidades, sendo exemplo as startups nessa área de tratamento. Uma vez que o processo é mais eficiente, é rentável apostar nele e com isso economizar, utilizando um método que não agrida o meio ambiente. Empresas já faturam em cima de formas de tratamento e tecnologias geradas. Um grande exemplo de caso de sucesso são as tecnologias criadas a partir disto, com filtros específicos ou métodos utilizando o tratamento como guia de orientação de como realizar; a TSL e a Inova H<sub>2</sub>O que são as empresas mais citadas, são exemplos reais disso.

Observando que a TSL e a InovaH<sub>2</sub>O são empresas nacionais de tratamentos de efluentes, elas não deixam a desejar e ficam páreo a empresas estrangeiras, como a Envirochemie, uma empresa líder em engenharia de estações de tratamento de água industrial, circulação de água e tratamento de água residual, com sede na região de Frankfurt, na Alemanha. Fundada em 1976 que também usa a eletroflotação para tratamento de efluentes na água; atendem clientes em todo o mundo. Ou seja, empresas mais novas e nacionais acabam ganhando espaço em território nacional, mesmo competindo com uma empresa de grande porte, não só pela praticidade, mas também pelo custo-benefício, devido a cotação do euro e da empresa estrangeira já ser mais visada e valorizada. Sobre o faturamento de importação e exportação da TSL e da Inova H<sub>2</sub>O, não há dados disponíveis.

Logo, a aplicação de soluções eletroquímicas no tratamento da água gerada com o petróleo é um grande e econômico passo para a inovação e melhoria da área petrolífera e de tratamentos de efluentes. Visto que, sendo algo inovador e original, permite ter resultados tão positivos quanto outros tipos de tratamento e ainda sim, saindo com a vantagem da economia em relação às outras formas de tratamento da água produzida de petróleo. Ademais, um dos grandes fatores é a sobreposição do tratamento eletroquímico quando comparado ao biológico, uma vez que o biológico é a técnica convencional mais utilizada em efluentes sanitários e industriais, porém quando aplicada a efluentes gerados pela indústria de petróleo essas não apresentam tanta eficiência, pois a alta salinidade torna o ambiente inadequado para os microrganismos. Os processos são lentos e demandam grandes áreas físicas, além de gerar produtos biodegradáveis solúveis e resíduos celulares.

Diante disso, a tecnologia eletroquímica, por ser considerada uma “tecnologia limpa”, é cada vez mais estimulada para ser pesquisada e desenvolvida; suas vantagens são: relativa disponibilidade de energia elétrica, condições energéticas reacionais reduzidas (processos a frio), sistemas altamente reprodutíveis e facilmente controláveis permitindo a automação e facilidade de montagem de plantas relativamente compactas (fator importante em vista do alto custo do metro quadrado nas plataformas em alto mar).

Como resultado de seu tamanho e custo reduzidos, a tecnologia eletroquímica abre a oportunidade de criação de novas empresas que produzam e instalem esses equipamentos para o tratamento da água de petróleo.

Além de afetar positivamente na economia, o processo eletroquímico impacta na sociedade retirando da água produzida no petróleo, os compostos tóxicos que ameaçam a saúde humana e grande parte da vida aquática.

A pesquisa feita na Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), obteve os dados experimentais através do uso de células eletroquímicas convencionais com diferentes volumes. A fim de reduzir o consumo energético para diminuir seu custo operacional, que mostrou-se um desafio para o desenvolvimento da pesquisa, é necessário que a distância entre os eletrodos seja reduzida.

É relevante observar a importância do petróleo na economia mundial e como alguns países são dependentes dele, ao ponto de que poderia sofrer crises econômicas, caso se esgotasse ou se tornasse racionalizado. Faz-se necessária busca de conhecimento e informações para avaliar o mercado, os problemas que enfrentam e as soluções viáveis, além de melhorias preventivas, para não enfrentarem grandes impactos com eventuais problemas. Contando com isso e com outras vertentes da área, os estudos que a Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) têm condições de proporcionar no âmbito petrolífero são de suma importância, aliando com empresas da área, uma vez que as mesmas são cientes dos problemas que enfrentam.

Ao se aliarem a Universidade, no propósito de acrescentarem e buscar evolução, solução e melhoria. A partir de uma parceria Universidade-Empresa, visando a necessidade de produzir conhecimento acerca de sua cadeia produtiva, impulsionando o desenvolvimento tecnológico e ao mesmo tempo investindo na pesquisa, ensino e desenvolvimento, abrindo oportunidades para estágios, proporcionando mais empregabilidade, impulsionando a criação de novas tecnologias, e apostando nessa parceria que tem grandes chances de ser um bom investimento, uma vez que é necessário desenvolver mais empresas fornecedoras da cadeia de petróleo do País. Já que um dos maiores desafios vistos no artigo e no mercado petrolífero são os investimentos, a criação de produtos e serviços para atender as demandas.

Por isso, para que pesquisas como essa entrem no mercado, pode-se tentar buscar auxílio de investimentos de alguma empresa, como também pode ser criado uma startup a partir de uma ideia de inovação social com auxílio de uma incubadora. Como a Tecnatu que é uma incubadora de empresas que funciona como um mecanismo de estímulo e apoio ao empreendedorismo, à inovação e à geração de novos negócios. Situada no Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) na cidade de Natal, a Incubadora oferece orientação para a criação e desenvolvimento de empreendimentos inovadores de base tecnológica nas áreas de Engenharia, Química e Ciências Exatas e da Terra. O programa dispõe do espaço físico e recursos tecnológicos, de uso individual e coletivo para o desenvolvimento das atividades empresariais, como também apoio gerencial e consultorias nas mais diversas áreas. (Tecnatu, 2018).

Uma vez que já existe um caso de sucesso, que é a parceria da UFRN com a Petrobras na área de pesquisas científicas, por exemplo, a pesquisa de implementação de análises físico-químicas que está em execução desde 2016 na grande área de Ciências Exatas e da Terra. A Petrobras investe não só nos cursos diretamente ligados com a área

petrolífera, mas na pesquisa cujo tem chances viáveis de se concretizarem e gerar algo que o faça avançar como diferencial em inovação no mercado, ganhando competitividade internacional, saindo na frente de outras empresas.

Havendo a interligação entre as instituições e as empresas é possível que haja um grande progresso nas pesquisas e investimento para apoiar as startups que já existem e as que poderão ser criadas. Essa iniciativa não irá impactar apenas em áreas específicas das universidades e instituições, como a química e petrolífera, podendo abranger também a área ambiental, devido ao licenciamento para produção e extração, e a área jurídica, trabalhando junto às empresas, na forma de ações de segurança jurídica e tributária para auxiliá-las a investir com segurança.

#### 4 CONCLUSÃO

O trabalho apresentou o objetivo de integrar o tratamento da água de petróleo com o processo eletroquímico, que tem se mostrado eficaz em relação aos tratamentos convencionais, devido utilizar a energia elétrica como forma de tratamento e sua fácil implantação, gerando um impacto na macroeconomia por seu baixo custo.

Por ser uma área de pesquisa nova, esse processo está recebendo não apenas investimentos das empresas do ramo, mas também de empresas petrolíferas, de engenharia sanitária e ambiental. As empresas dominantes dessa área, possuem volume de negócio que influenciam tanto na economia internacional como na nacional.

Após muito estudo em relação às empresas que utilizam a tecnologia eletroquímica para a limpeza da água do petróleo ou que possua algum outro tipo de poluente, a metodologia utilizada para esse trabalho ocorreu através de levantamento de pesquisas, cases de sucesso de empresas e estudo bibliográfico para identificar causas, importância e forma de aplicação. Sabendo que este processo é muito estudado e bastante promissor para o tratamento de resíduos produzidos pela indústria do petróleo, que apresenta grandes vantagens por ser uma tecnologia limpa e bastante rentável, sendo assim atingindo seu objetivo, mas não tanto explorado devido à falta de investimentos.

Diante disso, uma sugestão de melhoria, seria avançar as pesquisas, participar de incubadoras de empresas de base tecnológica, onde, como um grupo de negócios de alta tecnologia que oferecem facilidades físicas, possibilitam redes de conhecimentos pessoais, consultorias quanto a um sem-número de necessidades e incentivos que podem tornar realidade o sonho de um empreendedor na área tecnológica. (Bermúdez, 2000). Segundo Ribeiro et al. (2005), o objetivo das incubadoras é dar suporte a pequenas e microempresas de base tecnológica que busquem a diversificação e a revitalização econômica, agregando valor aos seus produtos viabilizando a interação com centros de ensino e pesquisa, para que a região beneficiada tenha maior produtividade e seja mais competitiva no mercado. Dessa forma e fazendo mais pesquisas e experimentos para aperfeiçoar e colocá-las em prática, e assim ter diversos benefícios em prol desse método de tratamento. Com esse tratamento, só temos a ganhar, pois teremos outro método para tratar a água do petróleo, que é a partir das células eletroquímicas.

#### REFERENCES

BERMÚDEZ, L. A. Incubadoras de empresas e inovação tecnológica: o caso de Brasília. Parcerias Estratégicas - Revista do Centro de Estudos Estratégicos do Ministério de Ciência e Tecnologia, Brasília, DF, n.8, maio 2000.

BRASILEIRO, I. M. N. Tecnologia eletroquímica aplicada na degradação de poluentes da indústria de petróleo. 2006. Tese (Doutorado em Engenharia de Processos) – Universidade Federal de Campina Grande, Brasil. Disponível em:

<<http://livros01.livrosgratis.com.br/cp083378.pdf>>. Acesso em: 04 abril 2018.

CAMPOS, W.K.S.; BUARQUE, F.S.; JÚNIOR, R.O.M.; SILVA, D.P.; RUZENE, D.S. Estudo sobre as principais tecnologias para tratamento da água produzida. 2012. Disponível em:

<<https://periodicos.set.edu.br/index.php/cadernoexatas/article/view/275/134>>. Acesso em: 04 abril 2018.

ETZKOWITZ, H.; ZHOU, C. Hélice Tríplice: inovação e empreendedorismo universidade- indústria-governo. 2017. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ea/v31n90/0103-4014-ea-31-90-0023.pdf>>. Acesso em: 02 junho 2018.

- INOVA H2O. Sobre nós. **Inova h20**, Itupeva, 2017. Disponível em: < <http://www.inovah2o.com.br/>>. Acesso em: 2 ago. 2018.
- NETO, João. Eletrólise. Disponível em:<<https://www.infoescola.com/quimica/eletrolise/>>. Acesso em: 12/06/2018.
- PONTES, J. P. S. D. Tratamento eletroquímico de água produzida sintética para remoção de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos. 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte – Brasil.
- RAMALHO, A. M. Z. Estudo de reatores eletroquímicos para Remoção de Cu<sup>2+</sup>, Zn<sup>2+</sup>, fenol e BTEX em água produzida. 2008. Dissertação de Mestrado (Engenharia de Petróleo). Universidade Federal do Rio Grande do Norte – Brasil.
- RIBEIRO, S. A.; ANDRADE, R. M. G. de; ZAMBALDE, A. L. Incubadoras de empresas, inovação tecnológica e ação governamental: o caso de Santa Rita do Sapucaí (MG). 2005. Disponível em <<http://www.scielo.br/pdf/cebape/v3nspe/v3nspea10.pdf>>. Acesso em: 02 junho 2018.
- ROCHA, J. H. B.; GOMES, M. M. S.; FERNANDES, N. S.; SILVA, D. R.; MARTÍNEZ-HUITLE, C. A. Application of electrochemical oxidation as alternative treatment of produced water generated by Brazilian petrochemical industry. Fuel Processing Technology. v. 96. 2012.
- SANTOS, A.C. Desenvolvimento de reatores eletroquímico para o tratamento de água produzida de petróleo. 2006. Disponível em:  
<<http://www.repositorio.ufal.br/bitstream/riufal/1065/1/Desenvolvimento%20de%20reatores%20eletroqu%C3%Admicos%20para%20o%20tratamento%20de%20%C3%A1gua%20produzida%20de%20petr%C3%B3leo.pdf>>. Acesso em: 04 abril 2018.
- SILVA, D. R. Aplicação de tecnologia eletroquímica como alternativa no tratamento de compostos orgânicos presentes na água produzida gerada pela indústria de petróleo. Disponível em:  
<<https://sigaa.ufrn.br/sigaa/pesquisa/projetoPesquisa/criarProjetoPesquisa.do?dispatch=view&id=121890844>> acesso em: 02 de maio de 2018.
- Tecnatus. Sobre a Tecnatus. **Tecnatus**, UFRN. Disponível em: <<http://tecnatus.ct.ufrn.br/sobre-a-tecnatus/>>. Acesso em: 20 de agosto de 2018.
- TSL Ambiental. Empresas de tratamento de efluentes. **TSL**, Vila Olímpia. Disponível em: <<http://www.tslambiental.com.br>>. Acesso em: 30 de julho de 2018.
- ZANTA, C.L.P.S.; ANDRADE, A.R.; BOODTS, J.F.C. Electrochemical Behavior of Olefinas. Oxidation at Ruthenium-Titanium Dioxide and Iridium-Titanium Dioxide Coated Electrodes. J. Appl. Electrochem., v.30. 2000.