



PLANO DE TRABALHO

INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES – CNEN/IPEN

EDITAL COPDE 6/2020

2020.06.IPEN.35

DADOS DO PROJETO

DESCRIÇÃO DO PROJETO

Título do Projeto:

Desenvolvimento de membranas poliméricas enxertadas (convencional e RAFT) por radiação ionizante para aplicações em célula a combustível e/ou adsorção de urânio com performance superior aos encontrados comercialmente

Prazo Execução:

36 Meses

Objetivo Geral (Objeto da Proposta):

O objetivo geral é a obtenção de membranas para célula a combustível por utilização de tecnologia nuclear, com propriedades superiores de desempenho e estabilidades química e mecânica em substituição às equivalentes membranas trocadoras de prótons (PEM, do inglês Proton Exchange Membrane), que apesar de atingirem o limite tecnológico, não superaram entraves mercadológicos, tais como custo e estabilidade em temperaturas superiores a 100 °C. Além disso, esse projeto objetiva a redução de conteúdo de urânio de efluentes radioativos para descarte convencional visando atendimento aos requisitos normativos e regulamentares, alinhado ao Plano Plurianual Nacional 2020-2023. As membranas produzidas poderão ser consideradas como produto de Inovação Tecnológica, com viabilidade de se tornar produto com patente.



PLANO DE TRABALHO

INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES – CNEN/IPEN

EDITAL COPDE 6/2020

2020.06.IPEN.35

Justificativa Resumida:

As células a combustível são sistemas que convertem energia química em energia elétrica por meio de alimentação contínua de combustível. Estes sistemas representam uma tecnologia alternativa de energia elétrica com eficiência alta e vasta aplicabilidade em áreas como residencial, comercial e industrial, sistemas de co-geração (com aproveitamento do próprio calor gerado pelo sistema), navios e submarinos, veículos de passeio e ônibus, alimentação de equipamentos eletro-eletrônicos, em particular na substituição de baterias em telefones celulares, computadores, calculadoras, entre outras (Hamada et al, 2004; Varcoe et al, 2014; Nasef e Hegazy, 2004). Nesse contexto, AEMs (do inglês do inglês Anion Exchange Membranes) compõem a nova geração de eletrólitos de estado-sólido, que visam a aplicação em reatores eletroquímicos, por exemplo, os conversores de energia, as células a combustíveis, bem como conversores de metano e dióxido de carbono para a obtenção de compostos químicos de elevado valor agregado. Devido à importância deste desenvolvimento, nesta pesquisa, serão sintetizadas AEMs utilizando como polímeros-base filmes de polietileno de baixa densidade (LDPE), polietileno de alta densidade (HDPE), polietileno com ultra alta massa molar (HHMWPE). Os filmes serão enxertados via radiação ionizante (raios gama ou feixe de elétrons, IPEN-CNEN/SP) com monômeros de cloreto de vinil benzila (VBC) ou estireno, em solução. Com o objetivo de obtenção de AEMs com elevada capacidade de transporte iônico, serão testadas várias concentrações de monômero/solvente, misturas de solventes orgânicos, tais como metanol, etanol, tolueno e isopropanol, além de parametrização das condições de síntese, tais como atmosfera de irradiação, temperatura, etc. Para acompanhar as reações de enxertia polimérica que ocorrem via radicais formados pela interação da radiação ionizante, será utilizado o acessório de irradiação UV acoplado ao espectrômetro de ressonância paramagnética de elétrons (RPE) a ser adquirido neste projeto. A otimização dos parâmetros será acompanhada pela variação do grau de enxertia (DoG, do inglês *degree of grafting*), capacidade de troca iônica (IEC, do inglês Ion Exchange Capacity) e grau de absorção de água (WU, do inglês Water Uptake). Adicionalmente, será estudado o uso de agente de Transferência Reversível de Cadeia por Adição-Fragmentação (RAFT), que é um dos métodos de enxertia que permite a introdução de cadeias poliméricas *brush* funcionalizadas sobre um substrato sólido (Barsbay et al, 2014, 2016; Kodama et al, 2016; Ma et al, 2019). Será utilizado o agente RAFT adequado ao sistema monômero-polímero base, e a comparação das propriedades das membranas obtidas pelo método convencional de enxertia por radiação. A funcionalização com amina quaternária será realizada em água e com diferentes aminas (trimetilamina, N-metil piperidina, etc). As caracterizações das membranas de troca iônica serão realizadas no IPEN-CNEN/SP e envolvem o estudo de propriedades físico-químicas tais como grau de enxertia, absorção de água, estabilidade dimensional, capacidade de troca iônica e condutividade iônica. Outra caracterização importante para o desempenho da membrana em célula a combustível é a distribuição homogênea dos grupos funcionais ao longo da membrana polimérica sintetizada. Essa caracterização será obtida pelo acessório de mapeamento (a ser adquirido neste projeto) a ser acoplado no espectrofotômetro multiusuário RAMAN contemplado da FINEP a ser instalado no CETER. Adicionalmente, serão avaliadas as propriedades térmicas e mecânica, bem como estabilidade química. Para esta pesquisa existe vinculado um projeto de pós doutorado junto ao IPEN/USP, em desenvolvimento pela responsável por este projeto com supervisão da responsável substituta. A grande maioria das pesquisas de membranas adsorventes de urânio têm sido para sua recuperação da água do mar. Podem ser encontrados na literatura vários sistemas polímero-monômero para a produção de membranas poliméricas enxertadas por radiação ionizante (RIG) e/ou diversos tipos de funcionalização de filmes ou fibras RIG. Adicionalmente, têm sido estudados diferentes métodos de enxertia polimérica, que dependem dos reagentes utilizados (Brown et al, 2016; Neti et al, 2017; Haji et al, 2018; Chi et al, 2019; Wiechert et al, 2020). De acordo com Haji et al (2018), os desenvolvimentos de materiais nanoestruturados (estruturas metal-orgânicas), polímeros orgânicos-porosos e carbonos mesoporosos, bem como materiais inorgânicos, têm se mostrado promissores recentemente, embora polímeros funcionalizados com amidoxima sejam os adsorventes mais tecnologicamente maduros para a aplicação como adsorvente para urânio. Neste projeto para o desenvolvimento das membranas para adsorção de urânio de resíduos líquidos serão utilizados filmes porosos de PET, PP ou PE como substrato para enxertia induzida por radiação ionizante (RIG) de monômeros de GMA, estireno, utilizando métodos convencional e RAFT para a preparação de membranas adsorventes de urânio. Será feito o estudo da variação do Grau de Enxertia (DoG) com o aumento da dose de radiação gama. Será feita a funcionalização dos filmes enxertados com amidoxima. As membranas serão caracterizadas por FTIR, DSC, TGA, DRX. A eficiência de adsorção será correlacionada com o DoG e funcionalização, e será avaliada por FRX e a quantificação do urânio remanescente no líquido após adsorção será avaliado por ICP. Com a utilização de filmes porosos e enxertia RAFT se espera que aumente a área superficial para adsorção de urânio e o fluxo de líquido ocorrerá sem necessidade de pressão elevada. Os mesmos acessórios a serem adquiridos neste projeto, que serão acoplados em equipamentos, mencionados anteriormente, serão utilizados para a caracterização das membranas de adsorção.

Palavras-chave: *Enxertia por radiação ionizante, RAFT, membranas poliméricas, célula a combustível, adsorção de urânio*