

DESENVOLVIMENTO DE UMA BATERIA DE FLUXO DE FERRO EM MEIO DE ELETRÓLITOS SUSTENTÁVEIS DE BAIXA TEMPERATURA (RTIL)

Alunos: Ana Luiza Ferreira Do Couto - alfcouto@hotmail.com; Bruno Sartori Massarenti - SartoriBruno00@gmail.com; Gabriela D'Amaral Meneguzzi - gabriela.damaral@gmail.com; Giovanna Biondi Mecca - giovannamecca18@gmail.com; Gustavo Gregório Rodrigues - gustavogregorior27@gmail.com; Nathalie Gomes da Silva - nathalie-gomes2010@hotmail.com;

Orientador: Gerhard ETT - gerhard@fei.edu.br



Introdução

Com o crescimento constante de redes elétricas alimentadas por energias renováveis, soluções de armazenamento que podem lidar com a intermitência das fontes renováveis de maneira sustentável, segura e econômica, tornaram-se fundamentais.

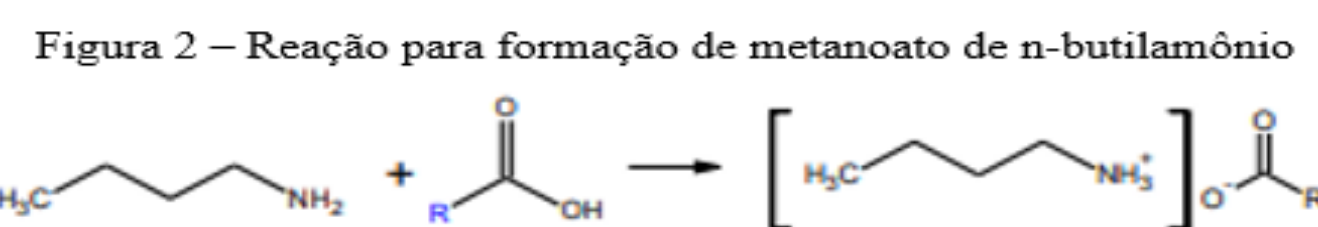
As Baterias de Fluxo Redox (RFB) não são exatamente uma nova tecnologia, mas são destacadas como uma solução de armazenamento para redes elétricas, pois seus benefícios incluem longa vida útil e longos tempos de descarga. No entanto, para uso automotivo essas baterias não têm sido recomendadas, em razão de possuírem uma menor densidade energética. A empresa americana ESS (Energy Storage Systems, Inc.) têm trabalhado no desenvolvimento e viabilidade da bateria de fluxo de ferro que busca solucionar muitos desses problemas de armazenamento de energia para geração estacionária.

Essa tecnologia oferece um grande potencial para o armazenamento de eletricidade em grande escala, o que garante uma confiabilidade muito maior na geração e distribuição de energia solar e eólica.

Metodologia

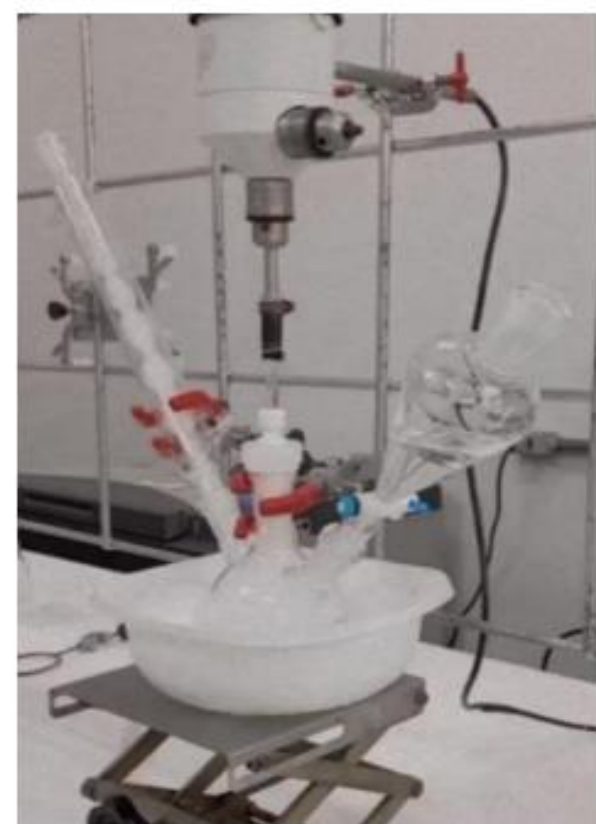
Foram utilizados os métodos espectroscopia FT-IR para análise de concentrações além das metodologias de microscopia eletrônica de varredura, voltametria cíclica e simulação numérica para síntese e caracterização dos eletrólitos e rotas de preparação do anólito e católito.

O sistema para obtenção do líquido iônico está apresentado na figura 1 e a reação apresentada na figura 2.



Fonte: BELCHIOR et. al, 2017.

Figura 1 – Sistema para obtenção do líquido iônico

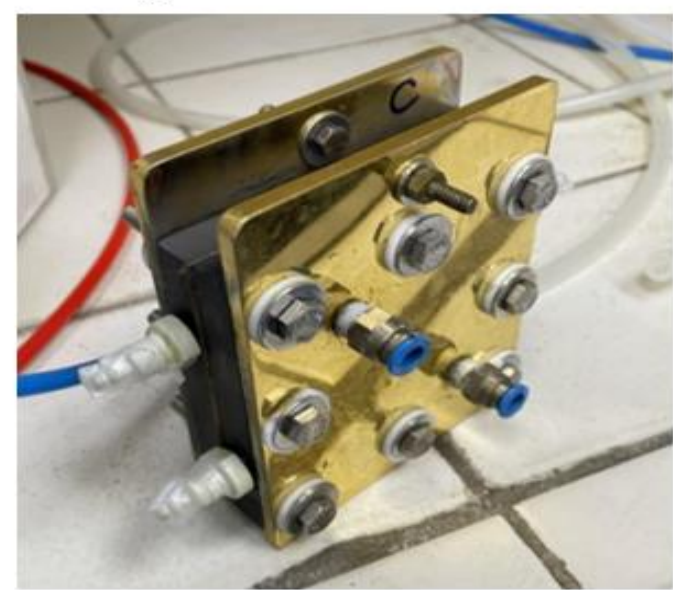


Fonte: Autores.

Após o processo de caracterização do líquido iônico, foram realizados testes em busca da janela voltamétrica do líquido iônico, visando estudar a viabilidade do projeto de construção da bateria, de modo que a tensão desejada fosse alcançada. É possível observar o sistema operando na figura 3.

A bateria de fluxo, figura 4, segue os moldes de baterias já desenvolvidas em trabalhos anteriores na FEI, obtida comercialmente, mas adaptada para um novo eletrólito em estudo (ARTHUSO et al., 2020 e NEVES, 2022). Foi realizado um teste com água destilada, a fim de garantir que não havia vazamentos no sistema, para que então os eletrólitos fossem incorporados e testados. Nos testes de desempenho foram utilizadas técnicas de polarização, envolvendo o método galvanostático e potenciostático.

Figura 4 – Bateria de Fluxo



Fonte: Autores.

Para avaliação da capacidade de carga da bateria, a tensão deve ser analisada em conjunto para que a bateria não alcance um sobrepotencial e ocorra danificações na célula. Para a descarga, a entrada e saída da célula são separadas, e com o auxílio de um reostato foi avaliado as características de descarga para o sistema em questão.

Resultados

SÍNTESE DO ELETRÓLITO DE SUPORTE RTIL

Para 150 mL de n-butilamina é necessário aproximadamente 67 mL de ácido metanoico.

O líquido obtido foi enviado para a Unesp de Araraquara e, após os testes, foi comprovado que o líquido estava com as propriedades adequadas para o segmento de nossos experimentos, por meio de espectrometria de ressonância magnética nuclear (RMN). Após passar pelo processo de secagem, não foi possível notar a presença de gotículas de água e através da glove box certificou-se que não havia umidade no líquido iônico.

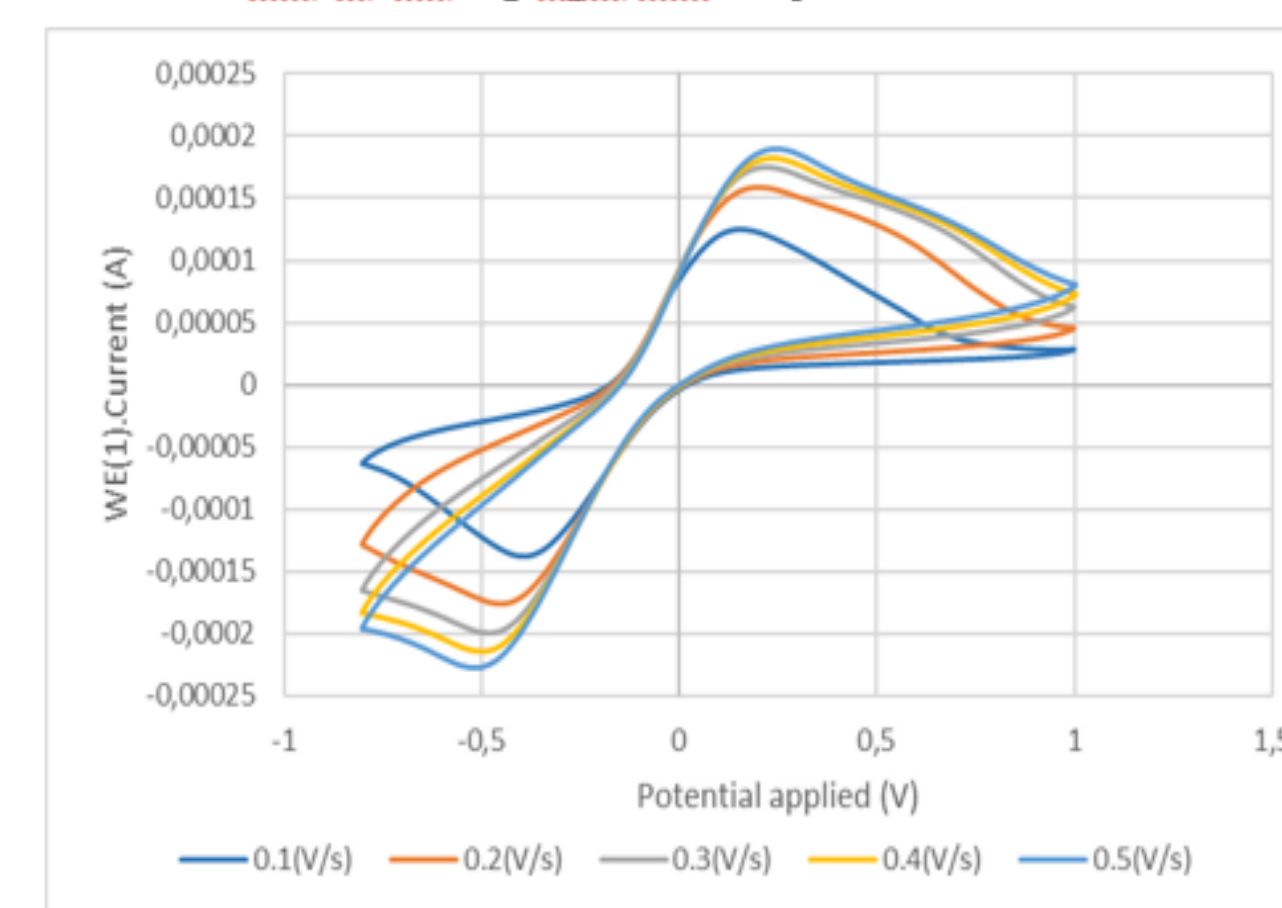
ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO ELETROQUÍMICA DO ELETRÓLITO

Baseando-se nos ensaios de voltametria cíclica realizados, é possível perceber que a presença do carbono vítreo estabiliza o sistema, diminuindo as histereses. Os gráficos gerados durante os ensaios, figura 4, apresentam a viabilidade da utilização do líquido iônico com Fe^{2+} para a construção da Bateria de Fluxo de Ferro e picos característicos quando comparado a outros estudos feitos a respeito eletrólitos em baterias redox.

O potencial ideal para a parte catódica é até $-1,8 \text{ V}$, pois abaixo disso é possível observar uma maior formação de ruídos no voltamograma, devido a formação de gás. E para a parte anódica, o potencial ideal é até de $1,5 \text{ V}$, pois acima disso também observa-se ruídos.

Foi escolhida a concentração de $0,5 \text{ M}$ para utilização no sistema da bateria, para que a presença de complexo no eletrólito não interferisse no desempenho dela.

Figura 4 – Voltamograma com velocidades de varredura de $0,1 \text{ (V/s)}$ a $0,5 \text{ (V/s)}$ da solução eletrolítica preparada com $0,5 \text{ mol/L}$ de FeCl_2 em líquido iônico seco. **Eletr.**: Carbono vítreo, **Eletr.**: Pt, Esf. Ag/AgCl KCl, temperatura de $\sim 25^\circ\text{C}$



Fonte: Autores.

ENSAIOS DE CARGA E DESCARGA

Foi selecionado o valor de 2 A para a corrente, tendo vista a escolha de uma densidade de corrente de 80 mA/cm^2 e uma área da célula de 25 cm^2 .

Notou-se que após 30 minutos da formação, o potencial em circuito aberto iniciou com $0,96 \text{ V}$ e permaneceu estável em $0,8 \text{ V}$. Com isso, obteve-se um resultado promissor, indicando que a formação da bateria seguia de forma correta. Neste potencial, comparando com o valor teórico de $1,21 \text{ V}$, obtivemos uma eficiência inicial de aproximadamente 80%.

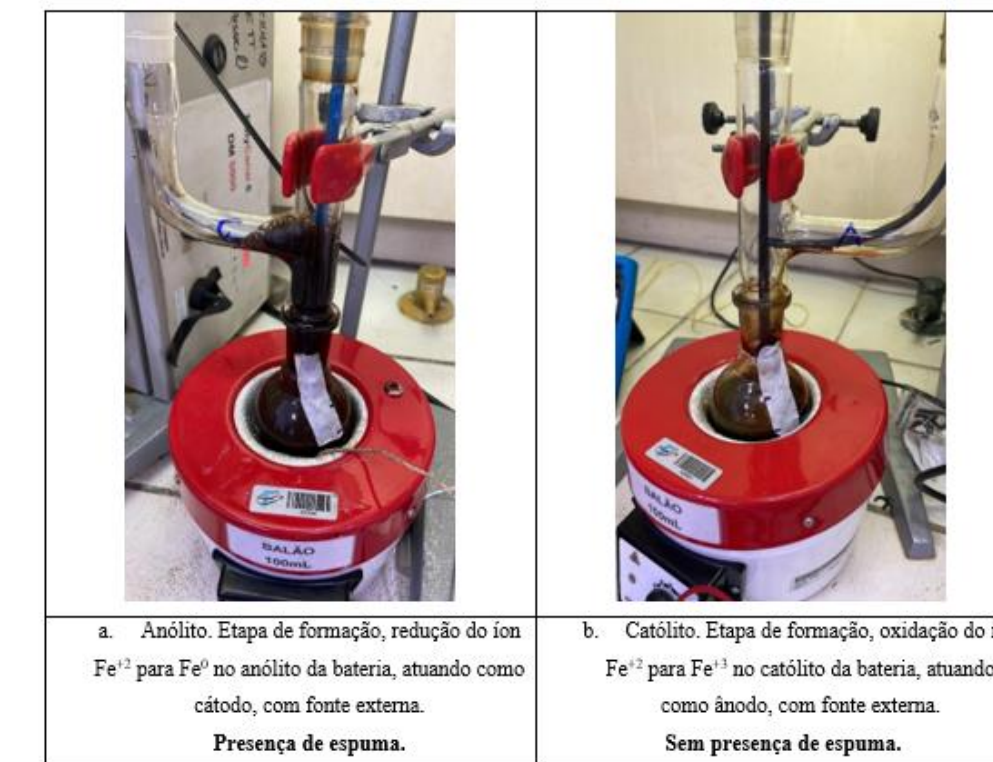
Após 1 hora em que o sistema estava realizando a carga, o cátodo passou a formar bolhas, figura 5, elevando a tensão do sistema. No ânodo esse comportamento não foi apresentado. A figura 6 apresenta as duas situações.

Figura 5 – Cátodo após formação das bolhas com a adição de $0,5 \text{ M}$ de ion de Fe^{2+}



Fonte: Autores.

Figura 6 – Ânodo e cátodo após formação das bolhas no cátodo com a adição de $0,5 \text{ M}$ de ion de Fe^{2+}



a. Ânodo: Etapa de formação, redução do ion Fe^{3+} para Fe^{2+} no ânodo da bateria, atuando como cátodo, com fonte externa. **Presença de espuma.**
b. Cátodo: Etapa de formação, oxidação do ion Fe^{2+} para Fe^{3+} no cátodo da bateria, atuando como ânodo, com fonte externa. **Sem presença de espuma.**

Fonte: Autores.

Conclusão

O líquido iônico apresenta uma janela voltamétrica satisfatória, sendo viável para construção da bateria e o processo de desidratação do líquido iônico foi eficiente, caracterizado pela ausência de picos de hidrogênio e oxigênio na voltametria cíclica. Os picos de potencial de oxidorredução do ferro estão entre os limites da janela voltamétrica de decomposição do eletrólito e o Fe^{2+} em meio ao líquido iônico apresentou uma alta solubilidade até 1 M com baixa precipitação.

O sistema desenvolvido se mostrou eficaz para a operação da bateria de fluxo, pois foi possível realizar os ensaios de carga com a bateria e o eletrólito se mostrou eficaz no protótipo da bateria de fluxo, sendo possível atingir altos potenciais de carga. Entretanto com sobrepotencial acima de 4 V , apresentou uma deterioração, formação de espuma, e o mesmo não ocorreu no ânodo.

Referências

ARTHUSO, A.; MOTA, A.; CABRAL, C.; SPERANZA, J.; BIAJANTE, T. **DESENVOLVIMENTO DOS ELETRÓLITOS PARA UMA BATERIA DE FLUXO REDOX DE VANÁDIO**. São Bernardo do Campo: Centro Universitário FEI, 2020.
NEVES, R. **ESTUDO DO EFEITO DE ADITIVOS EM ELETRÓLITOS NO DESEMPENHO DE BATERIA DE FLUXO E CÉLULA A COMBUSTÍVEL DE VANADIO**. São Bernardo do Campo: Centro Universitário FEI, 2022.

