

RECUPERAÇÃO DE CATALISADORES DE PLATINA DA CÉLULA A COMBUSTÍVEL DE MEMBRANA POLIMÉRICA TROCADORA DE PRÓTONS

S. H. Fukurozaki, E. S. M. Seo

Av. Prof. Lineu Prestes, 2.242, Cidade Universitária (USP)
CEP 05508-000 - São Paulo – SP – Brasil – esmiyseo@ipen.br

Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN) - Centro de Ciência e Tecnologia de Materiais (CCTM) - Laboratório de Processamento de Resíduos

RESUMO

Atualmente, a platina constitui-se como catalisador mais viável para a Célula Combustível de Membrana Polimérica Trocadora de Prótons - PEMFC. Somada à sua significativa importância para esse sistema de energia, está o alto custo desse metal nobre e os efeitos deteriorantes no meio ambiente. Assim sendo, a reciclagem deste material surge como uma alternativa para mitigar os impactos ao mesmo tempo em que proporciona uma redução dos custos do sistema. Procurou-se identificar na literatura, estudos sobre métodos de reciclagem da platina da PEMFC, porém somente duas técnicas de recuperação que ainda se encontram em desenvolvimento foram encontradas. Face a este quadro, desenvolveu-se um método de recuperação de platina dos MEA's desativados, no qual buscou-se atender concomitantemente os aspectos relacionados ao meio ambiente e aos requisitos necessários para a sua reciclagem primária. Os resultados alcançados revelaram uma alta taxa de recuperação e a viabilidade para reintrodução deste metal no ciclo produtivo.

Palavras chaves: recuperação, reciclagem, catalisadores, platina, meio ambiente.

1. INTRODUÇÃO

Os metais do grupo da platina – MGP compreendem seis elementos químicos: platina (Pt), paládio (Pd), ródio (Rh), rutênio (Ru), ósmio (Os) e irídio (Ir), os quais apresentam características químicas semelhantes e ocorrem associadamente na

natureza. Igualmente como o ouro e a prata são conhecidos como metais preciosos ou nobres, bem como, por possuírem extraordinárias propriedades: são refratários, quimicamente inertes a elevadas temperaturas e a uma ampla gama de materiais e, possuem excelente atividade catalítica. Nos compostos químicos, os MGP estão combinados com oxigênio, enxofre, arsênico, bismuto, telúrio, estanho e chumbo, entre outros. Na platina em particular, outros elementos comumente associados são: cloro, carbono e nitrogênio. Nas ligas naturais, os MGP encontram-se associados em variadas proporções, com titânio, ferro, ouro e, entre outros, ao mercúrio. Segundo Salgado e Gonzalez ⁽¹⁾, devido as suas propriedades químicas (alta atividade catalítica, estabilidade e condutividade elétrica), a platina é o catalisador por excelência para os processos de oxidação e redução necessárias ao funcionamento da Célula a Combustível (CaC) de Membrana Trocadora de Prótons – PEMFC.

No entanto, uma das grandes preocupações em relação ao desenvolvimento da PEMFC, incide sob o custo da platina, no qual, tanto a disponibilidade do recurso na natureza, quanto o seu suprimento pelas atividades de extração e beneficiamento, estão intimamente relacionados. De acordo com o relatório do Department for Transport ⁽²⁾, o mercado da platina é muito inconstante, resultando em padrões de preços cíclicos para cada um dos principais dos MGP (platina, paládio e ródio) e, embora as atuais pressões da demanda possam ser aliviadas pela crescente produção das minas da África do Sul e exportações da Rússia, em longo prazo o suprimento é muito incerto.

Neste cenário, Grot ⁽³⁾ aponta que se o potencial da tecnologia PEMFC para aplicações móveis vier a se realizar, a disponibilidade dos MGP pode resultar, no decorrer do tempo, em uma séria limitação para o futuro da CaC, primeiro pelo aumento do preço e em seguida, pelo esgotamento do recurso. Por conseguinte, a reciclagem da platina torna-se imprescindível para a sustentabilidade econômica da PEMFC, assim como para a manutenção do equilíbrio ecológico, visto que os principais impactos identificados na literatura estão relacionados à sua demanda primária.

Conforme Robertson ⁽⁴⁾, os métodos convencionais para a reciclagem de platina, nos quais são utilizados solventes ácidos e processos pirometalúrgicos, apresenta baixa taxa de recuperação da platina do conjunto eletrodo membrana da PEMFC. Não obstante, estes processos também podem resultar na emissão de um gás tóxico e

corrosivo, no caso HF, devido ao fato das partículas de platina serem recobertas por uma dispersão perfluorada (comumente a Nafion®).

Desta forma, procurou-se identificar na literatura estudos específicos sobre métodos de reciclagem da platina da PEMFC. Contudo, somente duas técnicas de recuperação que ainda se encontram em desenvolvimento foram encontradas, essas são descritas em Grot *et. al*⁽⁵⁾ e Shore e Robertson⁽⁶⁾. Face a este quadro, buscou-se desenvolver um processo de recuperação de platina dos MEA's produzidos no IPEN, que atendesse concomitantemente os aspectos relacionados a impactos ambientais e aos requisitos necessários para a sua reciclagem primária. Para tanto, as propostas encontradas na pesquisa bibliográfica serviram como base para direcionar o método de recuperação desenvolvido no IPEN.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Tendo em vista que os processos não estão consolidados e não há informações detalhadas de todas as etapas das propostas específicas para reciclagem de platina da PEMFC, o procedimento experimental adotado considerou a rota que apresentava menor complexidade, neste caso, o caminho escolhido foi o sugerido por Grot *et. al*⁽⁵⁾. Porém, também se relevou o fato do método abordado por Shore e Robertson⁽⁶⁾ envolver duas atividades nas quais constata-se a liberação de HF, são elas: tratamento em microondas e lixiviação ácida.

Assim sendo, a fase subsequente caracterizou-se na coleta do conjunto eletrodo membrana (*Membrane Electrode Assembly* – MEA) de células desativadas. Entretanto, este componente da PEMFC é produzido em escala laboratorial, o que dificultou a obtenção de uma quantidade significativa para análise, limitando-se assim a 23 unidades. Neste sentido, salienta-se o caráter exploratório e as restrições deste estudo em função da quantidade de material disponível. Os MEA's obtidos foram numerados de acordo com as suas características (tabela 1).

Tabela 1 – Características do MEA

COMPONENTE	ÁREA ATIVA (25 cm ²)	
	MEA 01-15	MEA 16-23
Eletrólito	Membrana Nafion® 105	Membrana Nafion® 105
Camada Difusora	Carbon Cloth EC-CC1-060T	Carbon Paper EC-TP1-060T
Camada Catalítica	Platina E-TEK 20	Platina E-TEK 20

Na tabela 1 verifica-se que 15 unidades apresentavam como camada difusora o *Carbon Cloth* e 8 o *Carbon Paper – Papel Toray*, sendo os demais componentes com especificações iguais. Segundo Baldo⁽⁷⁾, o desempenho, relacionado à densidade de corrente, dos MEA's com a camada difusora de tecido de carbono são superiores ao do papel carbono. Por conseguinte, e visto a disponibilidade de amostras, somente o conjunto eletrodo membrana que apresentava o *Carbon Cloth* foram utilizados para o processo de recuperação.

O procedimento experimental foi efetuado em béquer de teflon de capacidade volumétrica de 200 mL. Primeiramente, as camadas difusoras foram separadas do conjunto eletrodo membrana manualmente e, as membranas, impregnadas com a camada catalítica, imersas em uma solução contendo água destilada e um solvente (álcool etílico pa) na relação 1:1, sendo o volume arbitrado de 50 mL. Observou-se que no intervalo de trinta minutos, a membrana pode ser totalmente retirada deste meio sem necessidade de realizar qualquer processo de filtragem e centrifugação, sendo a solução residual, tal como observado em Grot *et. al*⁽⁵⁾, semelhante à tinta catalítica. A reprodutibilidade dos experimentos foi confirmada através da triplicata do mesmo.

A etapa seguinte constituiu-se na remoção da água e do solvente por aquecimento sem agitação, utilizando uma placa agitadora-aquecedora, a uma temperatura variando entre 30° C e 80°C, pelo período necessário para a completa eliminação da fase líquida. Posteriormente, o soluto resultante foi removido do béquer com uma espátula e encaminhado para avaliação da perda de massa via análise termogravimétrica – ATG. Para fins de comparação, também foram encaminhadas para essa análise, amostras da platina comercial E-TEK 20 e da tinta catalítica utilizada no MEA do IPEN (na forma de pó).

As análises termogravimétricas das amostras: tinta catalítica (A), as oriundas do processo de recuperação da platina (B) e da platina comercial (C) foram obtidas utilizando para a análise, a alumina como material de referência, com a velocidade do equipamento de 10°C/min, à temperatura de até 800 °C e sob o fluxo de oxigênio.

Outros procedimentos foram necessários para verificar o produto obtido e a viabilidade para a reciclagem primária, tais como: Análise de Ativação Neutrônica (ATN), Difração de raios X (DRX) e Voltametria Cíclica (VC). As análises por ativação neutrônica das amostras A, B e C foram realizadas no reator nuclear de pesquisa modelo IEA-R1-IPEN com irradiações de 30 segundos sob o fluxo de nêutrons térmicos de $10^{12} \text{ n cm}^{-1} \text{ s}^{-1}$ e de 16 horas sob fluxo de $3,6 \times 10^{12} \text{ n cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$. No caso da

DRX, os difratogramas das amostras A, B e C foram resultantes da análise utilizando uma radiação $\text{CuK}\alpha$, na faixa angular $2\theta = 20^\circ$ a 80° e passo de varredura de $0,02^\circ$. Para determinar o tamanho médio das partículas (d) utilizou-se o pico referente ao plano da estrutura cúbica de face centrada da Pt em torno de $2\theta = 40^\circ$ e empregou-se a equação de Scherrer⁽¹⁾.

Por fim, a caracterização eletroquímica das amostras A, B e C foi realizada por meio de voltametrias cíclicas. Utilizou-se um eletrodo de camada fina porosa (eletrodo de trabalho), um eletrodo de referência de hidrogênio e um contra eletrodo platinizado, sendo os VC's obtidos em uma solução aquosa de H_2SO_4 ($0,5 \text{ mol L}^{-1}$) e, na velocidade de varredura de 10 mV/s.

No presente trabalho, adotou-se que todos os MEA's foram preparados pela mesma técnica, identificada por aquela desenvolvida por BALDO⁽⁷⁾. As informações da etapa de manufatura dos eletrodos de difusão gasosa foram utilizadas para calcular a massa de entrada de materiais do MEA no sistema de recuperação. Por conseguinte, o cálculo da quantidade de platina e dos demais elementos da camada catalítica foi efetuado a partir do percentual dado na composição da tinta catalítica em função da massa total deste material obtido no processo de recuperação e não em função da sua massa padrão total no MEA.

Sendo assim, para a etapa das análises, somente 12 MEA's com camada difusora *Carbon Cloth*, numerados de 1 a 12, foram utilizados no processo de recuperação. As massas resultantes na recuperação de cada MEA foram compostas de três em três formando quatro amostras, nas quais foram estimadas as quantidades dos seus três principais componentes (tabela 2).

TABELA 2 – Perfil das amostras encaminhadas para análises em gramas

MEA	MASSA TOTAL	PLATINA	CARBONO	IONÔMERO
1; 2; 3	0,6628	0,0868	0,3473	0,2287
4; 5; 6;	0,3955	0,0518	0,2072	0,1364
7; 8;9;	0,5589	0,0732	0,2929	0,1928
10;11;12	0,5867	0,0769	0,3074	0,2024
Total	2,2039	0,2887	1,1548	0,7603

A massa em porcentagem dos elementos da tinta catalítica na solução está estimada em 13,1% de Pt; 52,4 % de C e 34,5% de iômero (dispersão do Nafion)

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As técnicas utilizadas para verificar a eficiência da recuperação desse metal foram: análise termogravimétrica e análise de ativação neutrônica. Os resultados na

ATG do produto obtido no processo (camada catalítica), permitiram observar que as perdas de massa totalizaram em torno de 89,42 %, este valor corresponde essencialmente à decomposição térmica do material orgânico e substâncias inorgânicas (basicamente ácido perfluorosulfônico). Desta forma, a massa residual constitui-se no elemento metálico presente na amostra, cujo percentual encontra-se por volta de 10,58 % (figura 2).

Para fins de comparação amostras da tinta catalítica (pó) e da platina comercial também foram analisadas. Ressalta-se que em todas as análises, a tinta catalítica foi considerada como padrão de referência para as amostras da camada catalítica, enquanto a platina comercial como padrão primário para essas duas. Observou-se que o resultado encontrado na ATG da tinta foi similar ao da camada catalítica, pois a massa residual foi em torno de 11,19 % (figura 3a). Em ambas as amostras a decomposição térmica estabilizou-se a partir de 536 °C.

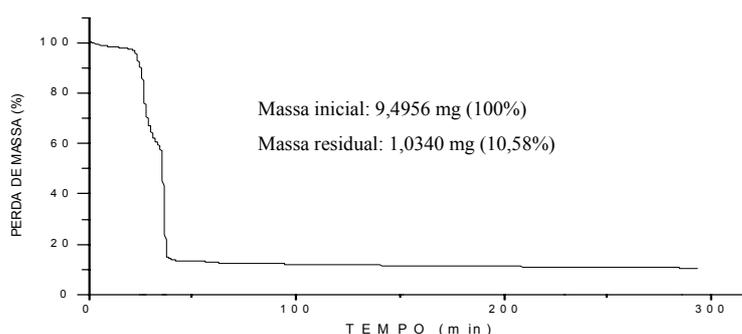


FIGURA 2 – Curva da ATG para a massa catalítica

Em relação à platina comercial, de acordo com as especificações técnicas do fabricante, o percentual de metal presente na matriz de carbono encontra-se em torno de 20 %. Para verificar a coerência dos resultados encontrados nas duas amostras anteriores, este material foi encaminhado para a ATG, sob as mesmas condições de ensaio. O resultado obtido indicou que a estabilização da decomposição térmica ocorreu a partir 625 °C e a perda de massa totalizou em 83 % (figura 3b), de forma que o percentual de massa residual encontrou-se dentro do que é comumente obtido na ATG desse material em específico⁽⁸⁾.

Diante deste contexto, pode-se inferir que os dados encontrados nas ATG da camada catalítica e da tinta são pertinentes para o estudo, pois são coerentes com o percentual de massa estimada para tais materiais e apresentam uma boa correlação entre seus valores e a platina comercial. Neste caso, ao comparar o percentual de

massa residual obtido na tinta (11,19 %) em relação ao da massa catalítica (10,58 %), o valor estimado para a recuperação encontra-se por volta de 94 %, o que significa uma perda de 0,61 % deste material no processo. Todavia, considerando que a massa residual obtida na ATG constitui-se na platina metálica e, nas amostras analisadas é possível encontrar platina na forma de compostos, uma averiguação quanto a sua concentração independente da sua forma química tornou-se necessária.

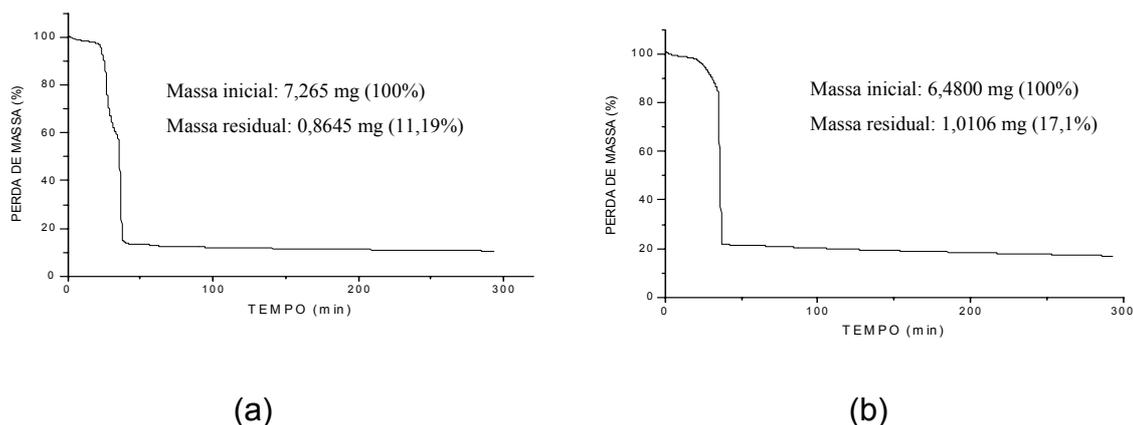


FIGURA 3 – Curva da ATG para a tinta catalítica (a) e para a platina comercial (b)

Neste sentido, as amostras da camada e da tinta catalítica, assim como a platina comercial, foram encaminhadas para a análise de ativação neutrônica. Os valores obtidos quanto ao percentual de metal nobre na camada catalítica e na tinta também foram semelhantes, entretanto, distintos aos encontrados na ATG, o mesmo ocorreu em relação à platina comercial. Na tabela 3 são apresentados os resultados da determinação de platina e outras impurezas.

Tabela 3 – Determinação da platina e outras impurezas

ELEMENTOS	CAMADA CATALÍTICA	TINTA CATALÍTICA	PLATINA COMERCIAL
Bromo μg^{-1}	1,87 \pm 0,08	1,30 \pm 0,04	ND
Cobalto μg^{-1}	0,76 \pm 0,04	32,3 \pm 0,9	ND
Cromo μg^{-1}	46,3 \pm 0,9	43,2 \pm 3,8	1,7 \pm 0,3
Ferro μg^{-1}	257 \pm 10	187 \pm 18	55 \pm 4
Lantânio μg^{-1}	8,77 \pm 0,11	0,258 \pm 0,008	0,32 \pm 0,02
Sódio μg^{-1}	324 \pm 6	99,6 \pm 1,1	ND
Escândio μg^{-1}	21,4 \pm 1,0	ND	8,2 \pm 0,5
Zinco μg^{-1}	37,1 \pm 37,1	159,6 \pm 2,4	ND
Platina %	22,10 \pm 0,09	23,34 \pm 0,06	33,3 \pm 0,1
Iridio μg^{-1}	ND	0,195 \pm 0,001	ND
Potássio μg^{-1}	ND	829 \pm 31	ND

N.D –Indica que o elemento não foi detectado

Observou-se que os percentuais de platina obtidos na ATN são exatamente o dobro dos encontrados na ATG, o que permite constatar, além da presença de outras formas de platina, que as amostras apresentaram diferenças proporcionalmente similares nas duas análises, de tal maneira que a eficiência de recuperação mensurada, a partir dos dados da ATG, são iguais a da ATN (percentual da camada em relação à tinta catalítica). Não obstante, verificou-se que o caráter preciso da análise da ativação neutrônica, quanto à determinação de elementos independentes da sua configuração química, é relevante e, neste caso, para a avaliação do produto obtido quanto à sua massa específica deve-se considerar a porcentagem de platina na camada catalítica dada nessa análise.

No que tange às outras substâncias detectadas na ATN, a presença de cobalto e cromo são esperadas após o uso do material (catalisador) no cátodo, em relação aos demais, outros fatores relacionados a parâmetros de preparação da tinta, condições de uso na célula e tratamento no processo podem estar relacionadas. No entanto, estas questões constituem-se em uma outra investigação, e não no objeto de atenção deste estudo. Ademais, cabe ressaltar que a determinação dos elementos na ATN não inclui o carbono e o flúor, cuja quantidade nessas amostras são significativas (com exceção do flúor na platina comercial).

Por fim, diante dos resultados obtidos nas duas análises pode-se observar uma expressiva eficiência na recuperação de platina no processo (94 %), de tal forma que para verificar o potencial de reciclagem primária, ou seja, a reinserção deste material dentro do próprio sistema produtivo da PEMFC, duas análises foram realizadas, as quais se configuram pela difração de raios X e ciclovoltametria cíclica, discutidas a seguir.

A análise de difração de raios X permitiu, entre outros, avaliar o tamanho das partículas dos metais, parâmetro especialmente importante para os catalisadores ancorados em carbono utilizados na produção do MEA da célula PEMFC. Nesta análise, tal como nas anteriores, foram encaminhadas as mesmas amostras. As figuras 5a, 5b e 5c mostram os difratogramas obtidos na camada catalítica, tinta e platina comercial, após o ajuste gaussiano realizado para eliminar os sinais correspondentes aos ruídos. Observa-se que em todos difratogramas ocorrem as presenças de picos poucos intensos em $2\theta = 25, 46, 67$ e 81 , correspondentes aos planos (002), (200), (220) e (311), e um pico intenso em $2\theta = 40$, equivalente ao plano (111). Portanto, é possível verificar que as amostras da camada catalítica e da tinta

apresentam os planos encontrados na platina comercial e, segundo Salgado e Gonzalez⁽¹⁾, característicos de estruturas policristalinas da platina (220); (220); (311) e da estrutura de cúbica de face centrada da Pt pura (111), além da face de difração correspondente ao carbono (002).

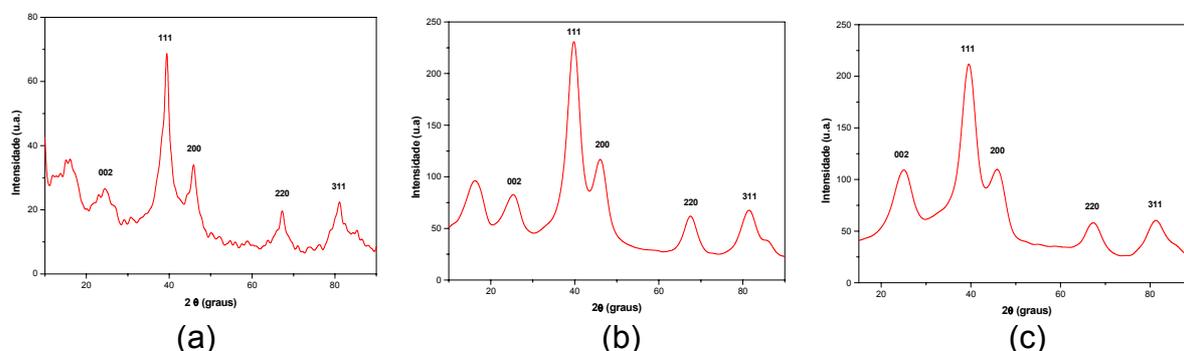


Figura 5 – Difratogramas de raios X da camada catalítica (a), tinta catalítica (b) e platina comercial (c)

Sendo neste caso, o pico (111) da estrutura cúbica de face centrada da platina foi escolhido para os cálculos do tamanho médio das partículas de Pt. Os resultados obtidos para a platina comercial, tinta e camada catalítica foram 2,62 d_{DRX}/nm, 3,15 d_{DRX}/nm e 3,85 d_{DRX}/nm, respectivamente. Tais resultados foram comparados com os dados existentes na literatura sobre a análise do diâmetro médio (d_{DRX}/nm) das partículas do catalisador de platina, utilizadas na PEMFC, preparados por diferentes técnicas e, da platina comercial (tabela 4). Segundo STARZ *et. al*⁽⁹⁾, o diâmetro médio das partículas é de 2,5 nm.

Tabela 4 – Dm das partículas de catalisadores de platina preparados por diferentes técnicas⁽¹⁾

Método	Ácido fórmico	Watanabe <i>et al</i> (1985)	Borohidreto	Shukla <i>et. al</i> (2001)	Pt comercial ¹
d _{DRX} /nm	4,5	5,4	4,4	9,8	2,8

1 -Platina ETEK (20% em massa de metal)

Deste modo, é possível observar que os valores encontrados na tinta catalítica e na camada são inferiores aos mencionados nos métodos citados e situam-se mais próximos do diâmetro médio da platina comercial, o que é favorável, uma vez que o tamanho da partícula desempenha um papel importante na cinética de reação de redução de oxigênio. Contudo, a determinação da área eletroquimicamente ativa torna-se necessária, uma vez que as diferenças, entre os diâmetros das partículas da camada catalítica e da tinta, relacionados aos precursores usados nos seus

respectivos processos (produção e recuperação) e a pureza dos materiais, influenciam o desempenho do catalisador .

Os voltamogramas cíclicos em meio ácido para a tinta e a camada catalítica exibiram perfis característicos da platina policristalina ancorada em carbono⁽¹⁰⁾, como mostra a figura 6. Nesses materiais observam-se picos pouco definidos na região de adsorção e dessorção de hidrogênio, compreendida entre 0,100 e 0,300 V vs ERH.

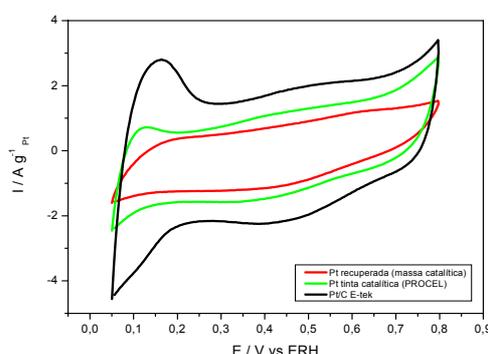


Figura 6 – Voltamogramas cíclicos para a massa catalítica, tinta e platina comercial

De acordo com Salgado e Gonzalez ⁽¹⁾, os picos se bem definidos, seriam atribuídos a dessorção de átomos de hidrogênio provenientes de sítios de platina com rede cristalina bem definida e também característicos de partículas menores. Por se tratar de materiais constituídos de partículas de diversos diâmetros, ancorados em carbono e envolvidos por uma dispersão do Nafion ®, não se pode esperar uma melhor resolução dos picos. Também se observa uma diminuição nas densidades de corrente para a tinta e a camada em relação à platina comercial (ver figura 6), que podem estar relacionadas a uma menor área eletroquimicamente ativa, como conseqüência de diversos aspectos tais como: tamanhos das partículas; quantidade de platina, além de substâncias impregnadas na superfície que impedem uma boa dispersão do catalisador ⁽¹¹⁾, por exemplo, o iômero.

Por conseguinte, tais aspectos indicam que uma menor quantidade da platina presente no eletrodo está sendo efetivamente utilizada no processo eletroquímico. Ademais, a presença de impurezas devido ao método de produção ou armazenamento da tinta e da recuperação da platina (além do material recuperado ser obtidos de MEA's usados), resultariam em um decréscimo da área de adsorção e conseqüente dessorção de hidrogênio ^(8, 11). Não obstante, verifica-se que o desempenho da camada catalítica é nitidamente inferior aos demais porém, isto também está relacionado ao fato do material não sofrer nenhum tratamento para a

remoção da dispersão do Nafion[®] (após o processo de recuperação), por sua vez justificável pela pouca quantidade de material e por envolver processos pirometalúrgicos, nos quais são essenciais sistemas de captura de gases, devido à eliminação de ácido fluorídrico. Ademais, em tais tratamentos são reconhecidos os impactos e a baixa eficiência em relação aos catalisadores de platina da PEMFC.

4. CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos verifica-se que outras técnicas para avaliar a morfologia da superfície, estimar a distribuição do tamanho das partículas de platina ancorada em carbono (camada e tinta) e, principalmente, para determinar a concentração de flúor e questões correlatas, tornam-se necessárias na identificação dos elementos que influenciam o desempenho do material e na busca por melhorias no método de recuperação. Destarte, a determinação do potencial de reciclagem envolve o futuro aprimoramento do processo para remover as variáveis relacionadas ao estudo exploratório e as que interferem a atividade catalítica do material recuperado. Conseqüentemente, as informações aqui apresentadas constituem-se em um passo inicial na direção de rotas alternativas que visem minimizar os impactos ambientais e econômicos relacionados à platina utilizada na PEMFC, e que por fim, configuraram úteis para verificar a medida de eficiência do processo desenvolvido (94 %).

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos pesquisadores do programa de Células a Combustível – IPEN, Dr. Marcelo Linardi, Dr Estevan Spinacé e Dr. Almir O. Neto pelo suporte técnico e materiais fornecidos, bem como as análises realizadas. O presente trabalho foi realizado com o apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPQ – Brasil.

6. REFERÊNCIAS

1. SALGADO, J. R. C & GONZALEZ, E. R. Correlação entre a atividade catalítica e o tamanho de partículas de Pt/C preparados por diferentes métodos. *Eclética Química.*, São Paulo, Brasil, v.28 (2), p. 77-86, 2003.
2. DEPARTMENT FOR TRANSPORT. *Platinum and hydrogen for fuel cell vehicles.* London, UK, http://www.dft.gov.uk/stellent/groups/dft_roads/documents/page/dft_roads_024056-01.hcsp. Acesso em: outubro de 2004.
3. GROTT, S. Platinum Group Metal Recycling Technology Development. Hydrogen Program. Department of Energy, *Progress Report*, Colorado, US, 2003.

4. ROBERTSON, A. B. **Platinum Group Metal Recycling Technology Development**. Hydrogen Program. Department of Energy. Progress Report, Colorado, US, 2003.
5. GROT, S. *et.al.* Platinum Recycling Technology Development., Hydrogen Program. Department of Energy, **Progress Report**, Colorado, US, 2004.
6. SHORE, L., ROBERTSON, B. Platinum Group Metal Recycling Technology Development. Hydrogen Program. Department of Energy, **Progress Report**, Colorado, US, 2004.
7. BALDO, W. R. **Desenvolvimento de um Método de Preparação de conjuntos Eletrodo – Membrana – Eletrodo para Células a Combustível a Membrana Trocadora de Prótons (PEMFC)**. 2003. 71p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Nuclear - Materiais). Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, IPEN/CNEN-SP, São Paulo.
8. SPINNACÉ, E. **Comunicação pessoal**. Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares/ IPEN, Centro de Ciência e Tecnologia de Materiais CCTM, Laboratório de Células a Combustível, São Paulo, Brasil. 2006.
9. STARZ, K.A. , AUER, E., LEHMANN, Th, ZUBER, R. Characteristics of platinum based electrocatalysts for mobile PEMFC applications. **Journal Power Sources**, Hanan, Germany, v. 84, p. 167-172, 1999.
10. PEREZ, J., GONZALEZ, E.R. TICIANELLI, E.A. Oxygen Electrocatalysis on thin porous coating rotating platinum electrodes. **Electrochim Acta**, Lausanne, Switzerland, v.44, 1329, 1998.
11. NETO, A. O. **Comunicação pessoal**. Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares/ IPEN, Centro de Ciência e Tecnologia de Materiais – CCTM . Laboratório de Células a Combustível, 2006.

PLATINUM CATALYSTS RECOVERY OF THE PROTON EXCHANGE MEMBRANE FUEL CELL

ABSTRACT

Currently, platinum is the most feasible catalyst for the Proton Exchange Membrane Fuel Cells - PEMFC. Along with platinum's significant importance in this energy system are the high cost of this noble metal and its detrimental effects on the environment. Therefore, recycling this material seems as an alternative to decrease its impacts on the environment and, at the same time, to provide a reduction of the system's costs. A search was conducted for literature and studies about platinum recycling methods. However, only two techniques of platinum recovery, which are still in development, were found. In face of this situation, a recovery method of platinum from deactivated Membrane Electrode Assembly – MEA's was developed, with attention to aspects related to the environment and the necessary requirements for its primary recycling. The results found showed a high recovery ratio and a possibility to reintroduce this metal into the production cycle.

Key-words: recovery, recycling, catalysts, platinum, environment.