

ESTUDO DA CÉLULA A COMBUSTÍVEL PEMFC DO PONTO DE VISTA DE SEGURANÇA DO PROCESSO

Lucca R. S. A. Bastos; Leonardo O. S. Santana²; Gerhard Ett²;

¹ Bolsista; Iniciação científica; leticia.bastos@aln.senaicimatec.edu.br

² Centro Universitário SENAI CIMATEC; Salvador - BA; gerhard.ett@fieb.org.br

RESUMO

A segurança é um fator essencial no manuseio do Hidrogênio. Por este gás possuir propriedades perigosas, como ser inodoro, não visível ao olho humano e por ser um redutor com ampla faixa de inflamabilidade, são utilizadas metodologias para reduzir os perigos. Com o objetivo de contribuir para uma cultura de segurança na indústria química e de processos, alinhando-se com a crescente demanda por energia limpa. Empregando a metodologia de risco Bowtie e gerenciamento de mudanças (MOC), a qual concentra-se na análise da célula combustível PEMFC, integrando técnicas de Gestão de Mudanças para uma avaliação sistemática de riscos em toda a planta da célula. Através desta abordagem, o estudo também auxilia na mitigação ativamente dos perigos potenciais. Em essência, este estudo auxilia no crescimento contínuo e a adesão de tecnologias de hidrogênio na prossecução de um cenário energético seguro e sustentável.

PALAVRAS-CHAVE: Hidrogênio; Segurança; Bow Tie; MOC;

1. INTRODUÇÃO

No cenário atual existe um elevado grau de poluição devido ao lançamento de gases de efeito estufa na atmosfera, contribuindo para o efeito estufa, decorrente da combustão de combustíveis fósseis. Por esse motivo, a utilização de células a combustível de troca de prótons (PEMFC), é considerada pioneira em sistemas de geração de energia, uma vez que produz energia elétrica sem emissão de gases de efeito estufa. Tendo também outras vantagens para uso automotivo, como alta eficiência, baixa poluição sonora, alta densidade energética e estruturas flexíveis.¹ (Fereshteh e Bengt, 2023)

Todavia, existem questões pertinentes com relação à segurança desses sistemas de células combustível, uma vez que o hidrogênio é um gás inodoro e não visível ao olho humano, extremamente inflamável, possíveis vazamentos anódicos ou em outras partes do sistema de célula combustível pode colocar em perigo as pessoas próximas, de modo que se faz necessário o uso de ferramentas de segurança que identifiquem os possíveis riscos e apresentem alternativas para minimizá-los.² (Green, 2006)

O Bowtie consiste numa ferramenta mais visual, com o objetivo de fácil compreensão e representação eficaz do risco, através do estudo de todo o percurso do problema, desde as causas até às suas consequências.³ (Wolters Kluwer, 2024) Com a utilização de diagramas, que serão utilizados para entender o sistema PEMFC, em relação à pressão, temperatura, desgaste dos materiais presentes no processo, entre outros perigos. Com auxílio do MOC, metodologia baseada na coordenação de aspectos de segurança nas modificações relacionadas às pessoas, ao meio ambiente e patrimônio industrial.⁴ (Erickson e Paul, 1996) O qual será utilizado para a melhor organização em relação às alterações do gás ou falhas no sistema PEMFC.

Tendo em vista as metodologias abordadas, o propósito desse artigo será o estudo dessas ferramentas para aumentar a segurança do sistema PEMFC, evitando futuros acidentes e danos na célula.

2. METODOLOGIA

Nesse estudo, foram utilizadas as metodologias MOC e Bowtie, com a finalidade de uma melhor visualização dos perigos do processo. A seguir, será explicado cada método e como serão abordados, para a melhoria da segurança na planta da célula a combustível a hidrogênio.

2.1 Bowtie

Na metodologia será fornecido um resumo visual de todos os cenários de acidentes plausíveis ao redor do perigo, com ajuda do diagrama Gravata Borboleta. Posteriormente será identificado as medidas de controle, mostrando o que seria feito para controlar o problema. Identificando os fatores de escalonamento, maneiras pelas quais as medidas de controle falham.⁵ (Wolters Kluwer, 2024) Os elementos do diagramas são: Hazard, sempre será o início, sendo um fator ao redor, dentro ou parte da organização; Também existem o Top Event, momento que perde-se controle do Hazard, porém ainda não existem danos reais; As causas, fatores que causarão o acidente, podendo haver mais de uma; E por fim, as consequências, resultado do Top Event, e fase que ajuda a encontrar barreiras mais específicas para solucionar o problema.

2.1.1 Hazop

Esse método tem a finalidade de avaliar qualitativamente as ameaças e consequências dos desvios de processos, com o auxílio da Matriz de Tolerância de Risco, que possui cores correlacionando o grau de probabilidade e severidade, verificando se os elementos críticos existentes atenuam ou mitigam o cenário. Consiste em dividir o sistema em nozes, partes da interface do processo, auxiliando na avaliação do risco.⁶ (Wolters Kluwer, 2024) O que beneficiará a análise de trechos do diagrama do método Bowtie, com cenários completos e de fácil compreensão, identificando o que fazer com o evento crítico caso ele aconteça e visualizando melhor as barreiras de controle.

Figura 1: Matriz de Tolerância de Risco

MATRIZ DE RISCOS

← Probabilidade →

PESOS	SEVERIDADE	Probabilidade					Risco		
		2	3	5	9	13			
		RARO	POUCO PROVÁVEL	OCASIONAL	PROVÁVEL	FREQUENTE			
32	CATASTRÓFICA	E	64	96	160	288	416	G	Risco Muito Alto > 140
16	CRÍTICA	D	32	48	80	144	208	F	Risco Alto 140 > Risco > 70
8	GRAVE	C	16	24	40	72	104	E	Risco Médio 70 > Risco > 25
4	MODERADA	B	8	12	20	36	52	D	Risco Baixo Risco < 25
2	LEVE	A	4	6	10	18	26	C	Risco Baixo Risco < 25

2.1.2 Diagrama de Ishikawa

O Diagrama de Ishikawa ajudaria o BowTie qualitativamente, semelhante ao método Hazop, mas focando mais nos detalhes de dentro, ao redor ou parte da organização, em vez da causa e consequências, com o intuito de identificar a raiz do problema. Através do auxílio do processo 6M, agrupamento de ameaças que consiste em organizar categorias base, proporcionando maior detalhamento, ajudando a definir melhor o Perigo, são elas: mão de obra, maquinário, matéria-prima, método e Meio ambiente.⁷ (Moki, 2023)

2.1.3 FMEA (Failure Mode and Effect Analysis)

O FMEA serve para avaliar quantitativamente, que tem como foco a análise de cenários viáveis de falha do Top Event, contribuindo para uma compreensão mais clara do diagrama do sistema PEMFC, evitando falhas que poderiam ser causadas no processo.⁸ (D.H. Stamatís, 2019) Inicialmente, abordando as causas da falha e não o Evento Principal, através das seguintes etapas:

- Decompor o processo em vários sub-processos;
- Perceber os objetivos e a finalidade do sistema;
- Identificar os potenciais da causa e seus efeitos;
- Juntar um grupo de especialistas para detalhar os requisitos do processo;
- Determinar o nível do efeito da causa e a sua frequência;
- Conseguir um raking de detecção com base nas causas e/ou efeitos;
- Calcular o Risk Priority Number (RPN) :

$$RPN = Severity \times Occurrence \times Detection$$

(1)

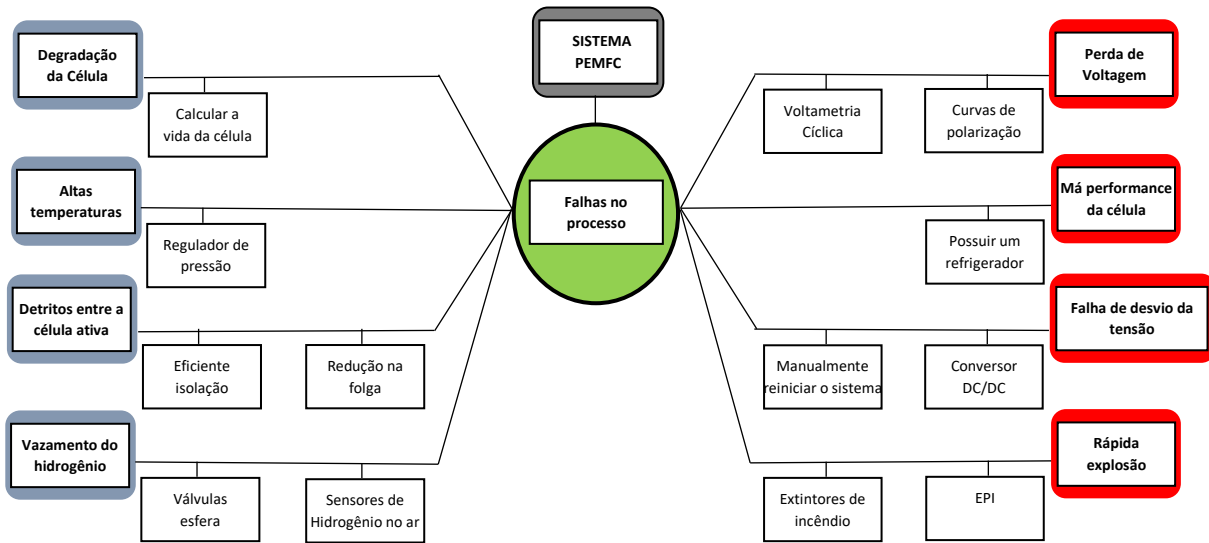
2.2 Gerenciamento de Mudanças (MOC)

Consiste na observação e identificação do potencial dos riscos, com auxílio do Diagrama BowTie (figura 2), os quais irão ser gerenciados com o Plano de Ação, caso haja necessidade de alterar o sistema original. Plano conhecido como plano 5W2H, ferramenta que transforma a formação de ideais e análises em ações práticas.⁹ (Sebrae, 2023) É necessário que essa análise seja feita por uma equipe multidisciplinar (possuir pelo menos representantes da segurança, quem conhece o processo e quem irá operar o sistema).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Resultado do diagrama Bowtie com auxílio dos submetódos Hazop, FMEA e Diagrama de Ishikawa. Possibilitando a melhor visualização das causas e consequências, e como será evitado cada perigo, e também como será amenizado, caso ocorra a falha no sistema da Célula.

Figura 2: Diagrama BowTie do sistema da célula PEMFC..



Nesse diagrama, foram analisadas as possíveis causas (cor azul) e as consequências (cor vermelha), com ajuda do Gerenciamento de Mudanças (MOC), coordenando os riscos presente na planta, criando-se um Plano de Ação, indicando as atividades, prazos e as responsabilidades de todos presentes no projeto.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para uma boa segurança do sistema PEMFC, optou-se pela metodologia BowTie, por possuir diagramas de fácil compreensão, auxiliando no entendimento do processo, através da análise de seus riscos e das consequências desses riscos, com auxílio da Matriz de Tolerância ao Risco, classificando sua gravidade e frequência. Com um foco maior no perigo, utilizando o processo do Diagrama de Ishikawa, entendo a raiz do problema, com medidas para mitigar/evitar o evento principal, com ajuda também do método Gerenciamento de Mudanças (MOC), através da pesquisa da planta do sistema, coordenando de uma forma mais eficiente e clara os aspectos de segurança, prevenindo acidentes no local estudado, adaptando-se de forma rápida às alterações. Buscando como resultado, uma melhoria na avaliação dos perigos e na organização do trabalho, através de uma visualização mais fácil destes cenários de falha e possuindo medidas prévias para evita-las. Porém, ainda existem algumas dificuldades com este método BowTie devido ao fato de ser uma ideia nova e pouco explorada no Brasil, sendo uma ideia ainda pouco explorada. Diferente do MOC, o qual já é utilizado em várias áreas industriais.

5. REFERÊNCIAS

Fereshteh, Bengt. **Revisão de exergia e análise energética de células de combustível**. Universidade de Lund, SE-22100, Lund, Suécia, 2023.

Wolters Kluwer, especificação do método Hazop. <<https://www.wolterskluwer.com/en/solutions/enablon/bowtie/expert-insights/barrier-based-risk-managementknowledge-bas-e/the-bowtie-method>> Acessado em 11.02.24.

Erickson, Paul. **Guia prático de saúde e segurança ocupacional**: Capítulo 14 – Gerenciamento de Mudança. Cidade: Cambridge, Massachusetts (EUA), Academic Press, 1996.

Moki, especificação do método do diagrama de Ishikawa. <<https://www.site.moki.com.br/post/espina-de-peixe>> Acessado em 11.02.24.

Amin, M., Mario, M., Javad. **Segurança no transporte motorizado, desafios, análises e soluções na indústria de mineração; uma revisão abrangente**. Cidade: Reno, NV (EUA) e Delft, Holanda, 2023.

Sebrae, especificação da ferramenta 5W2H. <<https://www.sebrae-sc.com.br/blog/5w2h-o-que-e-para-que-serve-e-por-que-usar-na-sua-empresa>> Acessado em 12.03.24.