



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA QUÍMICA

CARACTERIZAÇÃO E MODELAGEM ESTATÍSTICA DO DIAFRAGMA SINTÉTICO UTILIZADO NA PLANTA DE CLORO SODA – MACEIÓ/AL

Mestrando: Tiago Marques da Silva

Orientador: Prof. Dr. Eudésio Oliveira Vilar

**Maceió – Alagoas
Fevereiro de 2015**

CARACTERIZAÇÃO E MODELAGEM ESTATÍSTICA DO DIAFRAGMA SINTÉTICO UTILIZADO NA PLANTA DE CLORO SODA – MACEIÓ/AL

Dissertação apresentada à Universidade Federal de
Campina Grande como parte dos requisitos para
obtenção do título de mestre em Engenharia Química

Orientador: Prof. Dr. Eudésio Oliveira Vilar

**Maceió – Alagoas
Março de 2015**

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCG

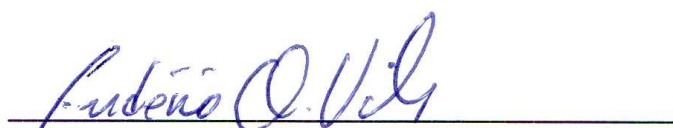
- S586c Silva, Tiago Marques da.
Caracterização e modelagem estatística do diafragma sintético utilizado na planta de cloro-soda – Maceió/AL / Tiago Marques da Silva. – Campina Grande, 2015.
65 f. : il. color.
- Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia, 2015.
"Orientação: Prof. Dr. Eudésio Oliveira Vilar".
Referências.
1. Cloro-soda. 2. Modelagem Estatística. 3. Diafragma. I. Vilar, Eudésio Oliveira. II. Título.
- CDU 661.41(043)

CARACTERIZAÇÃO E MODELAGEM ESTATÍSTICA DO
DIAFRAGMA SINTÉTICO UTILIZADO NA PLANTA DE CLORO
SODA – MACEIÓ/AL

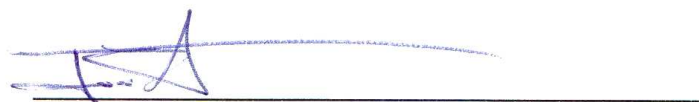
TIAGO MARQUES DA SILVA

Dissertação examinada em: 15 / 03 / 2015

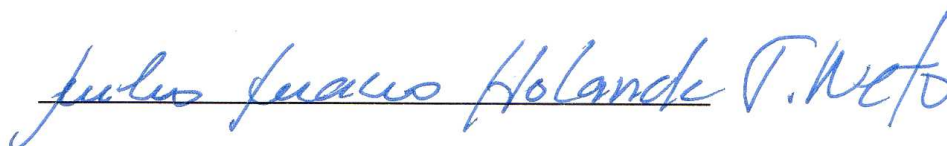
EXAMINADORES:



Prof. Dr. Eudésio Oliveira Vilar (UFCG-UAEQ/Orientador)



Prof. Dr. José Jailson Nicácio Alves (UFCG-UAEQ/Examinador Interno)



Dr. Julio Inácio Holanda Tavares Neto (Braskem - Examinador Externo)

Campina Grande – PB

Março / 2015

DEDICATÓRIA

À minha esposa Elda e meus filhos, Guilherme e Mirela pela paciência e apoio sem os quais este trabalho não seria possível.

Aos meus pais Socorro e Antônio por acreditar que seria possível.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, pois ele é o Senhor de minha vida, e graças ao seu amor, tenho vida.

A minha Família, Elda, Guilherme e Mirela, esposa e filhos amados que tem sido minha grande motivação e inspiração para enfrentar os desafios que tem se apresentado em minha vida.

Aos meus Pais, por acreditarem em mim e sempre estarem do meu lado

A Braskem, pela oportunidade de realizar o mestrado e todo apoio no desempenho de minhas atribuições.

Aos colegas de trabalho e líderes pela ajuda, em especial ao Edvaldo Monte pelo direcionamento e ajuda na consolidação deste trabalho.

Aos professores da Universidade, especialmente o Professor Eudésio Vilar pela orientação na condição deste trabalho.

E aos amigos da Universidade Federal de Campina Grande, Pedro e Carlos pelo apoio na avaliação das amostras.

RESUMO

As plantas de cloro soda formam um importante segmento na indústria moderna. Neste segmento, o mecanismo utilizado para geração dos produtos é a eletrólise. Este mecanismo usa eletricidade como fonte geradora de energia, desdobrando moléculas de água e alguns sais em produtos tais como cloro, hidrogênio e soda caustica.

Para realizar eletrólise, em escala industrial, existem três tecnologias comercialmente disponíveis, são elas: Mercúrio, Diafragma e Membrana.

Destas, a tecnologia diafragma tem um papel de destaque, pois, apesar de ter perdido espaço nos últimos anos para a tecnologia membrana, ainda tem a maior contribuição no volume de produção.

O entendimento das características físico-químicas do diafragma é o grande desafio desta tecnologia, pois, isso representa o domínio da técnica de deposição do diafragma e conseqüentemente o conhecimento prévio das características de operação da célula.

Este trabalho visou à obtenção de um modelo matemático, do diafragma sintético utilizado na Cloro-soda em Alagoas, a partir da concentração dos produtos que o constituem, parte A, B e C. Através este trabalho, também foi possível avaliarmos o comportamento das características físicas do diafragma diante da variação de concentração destes componentes no meio.

Para esta avaliação, a técnica utilizada baseou-se num planejamento industrial chamado de DOE – Delineamento e experimento, onde foram preparadas amostras de diferentes concentrações e avaliado os parâmetros que definem a caracterização do diafragma, que são número de MacMullin, permeabilidade e espessura. De posse destes dados e utilizando a modelagem de Van Zee (1984) foi possível prever algumas condições básicas de operação do diafragma, tais como: eficiência de corrente e concentração de álcali produzido.

O modelo encontrado trouxe uma grande aproximação dos dados experimentais, trazendo o coeficiente de correção para N_{Mac} e β de 96,7% e 99,9% respectivamente.

ABSTRACT

The soda chlorine plants form an important segment in modern industry. In this segment, the mechanism used for generation of products is electrolysis. This mechanism uses electricity as a source of energy, unfolding water molecules and some salts in products such as chlorine, hydrogen and caustic soda.

To perform electrolysis on an industrial scale, there are three commercially available technologies, they are: Mercury, diaphragm and membrane.

Of these, the diaphragm technology plays an important role because, despite having lost ground in recent years to the membrane technology, still has the largest contribution in volume production.

Understanding the physical and chemical characteristics of the diaphragm is the great challenge of this technology, because it is the domain of the diaphragm deposition technique and therefore the prior knowledge of cell operating characteristics.

This work aimed to obtain a mathematical model, the synthetic diaphragm used in the chlorine-soda in Alagoas, from the concentration of products which are, A, B and C. Through this work, it was also possible to evaluate the behavior of the characteristics the physical diaphragm in response to varying concentration of these components in the medium.

For this evaluation, the technique used was based on an industrial planning called DOE - Design and experiment, where samples were prepared in different concentrations and evaluated the parameters that define the characteristics of the diaphragm, which are number of MacMullin, permeability and thickness. With these data using the modeling Van Zee (1984) it was possible to provide for some basic conditions diaphragm operation, such as current efficiency and the concentration of the alkali produced.

The model thus brought a great approximation of the experimental data, bringing the correction coefficient for NMAC and β of 96.7% and 99.9% respectively.

Sumário

LISTA DE EQUAÇÕES	IX
LISTA DE FIGURAS	XI
SIMBOLOGIA.....	XII
1. MOTIVAÇÃO DO TRABALHO.....	1
2. INTRODUÇÃO	1
2.1. A IMPORTÂNCIA DA INDÚSTRIA CLORO SODA.....	1
2.2. CARACTERÍSTICAS FUNCIONAIS DE UMA CÉLULA ELETROLÍTICA.....	3
2.3. UNIDADE DE CLORO SODA ALAGOAS	4
2.4. TECNOLOGIA À DIAFRAGMA.....	6
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	7
3.1. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	7
<i>Eletrólise</i>	7
<i>Eficiência de corrente</i>	7
<i>Diafragma da Célula</i>	8
<i>Voltagem da Célula</i>	9
<i>Efeito de Temperatura</i>	13
<i>Efeito das bolhas na condutividade da solução</i>	14
<i>Efeito do pH</i>	15
<i>Efeito da Vazão de salmoura</i>	15
3.2. DIAFRAGMA SINTÉTICO	16
4. OBJETIVO DO TRABALHO.....	18
5. MODELO MATEMÁTICO DE UMA CÉLULA DIAFRAGMA.....	18
5.1. MODELAGEM MATEMÁTICA.....	18
5.2. MODELO DE VAN ZEE.....	19
5.3. MODELANDO O DIAFRAGMA.....	21
6. METODOLOGIA	22
6.1. FERRAMENTAS E CONCEITUAÇÃO TÉCNICA UTILIZADA.....	22
6.2. DEPOSIÇÃO DOS DIAFRAGMAS.....	26
7. RESULTADOS E DISCUSSÕES	27
7.1. PRINCIPAIS EFEITOS E INTERAÇÕES	28
7.2. MODELO MATEMÁTICO – ESTIMATIVAS DE COEFICIENTES.....	32
7.3. UTILIZAÇÃO DO MODELO DE VAN ZEE	35
8. CONCLUSÕES:.....	38
9. PERSPECTIVAS:.....	39
10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	40
11. ANEXO	42

LISTA DE EQUAÇÕES

- Equação (1) – Quantidade de Produto convertido na Eletrólise
- Equação (2) – Eficiência de corrente
- Equação (3) – Equação Geral na Eletrólise de Cloreto de sódio
- Equação (4) – Energia Livre de Gibbs
- Equação (5) – Voltagem de decomposição do anodo
- Equação (6) – Voltagem de decomposição do catodo
- Equação (7) – Voltagem de composição da célula
- Equação (8) – Atividade da Célula
- Equação (9) – Coeficiente de Atividade
- Equação (10) – Sobrevoltagem do eletrólito
- Equação (11) – Resistividade do gás na célula
- Equação (12) – Modelo de Van Zee
- Equação (13) – Corrente elétrica em função do número de Mac Mullin
- Equação (14) – Fluxo de hidroxila conforme Van Zee
- Equação (15) – Simplificação para Van Zee
- Equação (16) – Equação de concentração de soda conforme Van Zee
- Equação (17) – Equação de eficiência de corrente Van Zee
- Equação (18) – Equação de eficiência de corrente conforme Van Zee
- Equação (19) – Equação de Darcy
- Equação (20) – Equação para definição do número de MacMullin
- Equação (21) – Permeabilidade conforme Darcy
- Equação (22) – Modelo encontrado para número de MacMullin
- Equação (23) – Modelo encontrado para permeabilidade

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Distribuição da Produção de soda no Brasil por companhia

Tabela 2 – Distribuição dos experimentos

Tabela 3 – Resultados obtidos nos experimentos

Tabela 4 – Causas Fenomenológicas para N_{Mac}

Tabela 5 – Causas Fenomenológicas para β

Tabela 6 – Coeficientes obtidos para modelo matemático

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 – Distribuição Mundial da produção nas plantas cloro-soda
- Figura 2 – Célula Diafragma tipo H2A50
- Figura 3 – Fluxograma simplificado do processo da unidade cloro soda
- Figura 4 – Equações de eletrólise e energia livre de Gibbs
- Figura 5 – Gráfico de condutividade x concentração de soda
- Figura 6 – Variação de voltagem da célula diafragma
- Figura 7 – Gráfico de condutividade x pH
- Figura 8 – Desenho esquemático de uma célula diafragma
- Figura 9 – Dispositivo utilizado para medição do número de MacMullin
- Figura 10 – Dispositivo utilizado para medição da espessura do diafragma
- Figura 11 – Dispositivo utilizado para medição de permeabilidade
- Figura 12 – Sistema de deposição
- Figura 13 – Curva de vácuo para controle de deposição
- Figura 14 – Curva de aquecimento para secagem do diafragma sintético
- Figura 15 – Efeito dos parâmetros no número de MacMullin
- Figura 16 – Efeito dos parâmetros na permeabilidade
- Figura 16 – Interações dos parâmetros para o número de MacMullin
- Figura 18 – Interações dos parâmetros para permeabilidade
- Figura 19 – Interações dos parâmetros para espessura
- Figura 20 – Comparação do N_{Mac} real versus o calculado pelo modelo
- Figura 21 – Análise de resíduos gerados em cada interação - N_{Mac}
- Figura 22 – Comparação da β real versus o calculado pelo modelo
- Figura 23 – Análise de resíduos gerados em cada interação - β
- Figura 24 – Resultado de eficiência de corrente para as interações
- Figura 25 – Resultado de concentração de soda para as interações

SIMBOLOGIA

<i>W</i>	-	Quantidade de produto gerado – gramas
<i>M</i>	-	Massa molecular – g/mol
<i>n</i>	-	Número de elétrons
<i>F</i>	-	Constante de Faraday, 26.8 A - h/mol ou 96487 C/mol
<i>i</i>	-	Densidade decorrente elétrica – A/cm ²
<i>θ</i>	-	Tempo de eletrólise - seg
<i>E</i>	-	Voltagem de composição da célula - V
<i>R</i>	-	Constante dos gases – 8.3143 J/mol - K
<i>T</i>	-	Temperatura em K
<i>P</i>	-	Pressão parcial - Pa
<i>α</i>	-	Atividade - g/l
<i>C</i>	-	Concentração molar – mol/l
<i>γ</i>	-	Coeficiente de atividade
<i>H'</i>	-	Entalpia – Kcal/mol
<i>A</i>	-	Área - cm ²
<i>K</i>	-	Condutividade elétrica - Ω.cm ⁻¹
<i>d</i>	-	Espaçamento entre os eletrodos - cm
<i>ζ</i>	-	Resistividade elétrica - Ω
<i>φ</i>	-	Fração média de bolhas
<i>C_{OH-}</i>	-	Concentração de hidroxila – mol/cm ³
<i>karg</i>	-	Condutividade da solução - Ω.cm ⁻¹
<i>v</i>	-	Velocidade de percolação do diafragma – cm/s
<i>N_{OH-}</i>	-	Fluxo de íons hidroxila no diafragma – mol/cm ² .s

<i>NMac</i>	-	Número de MacMullin
<i>D_{OH-}</i>	-	Coeficiente de difusão dos íons hidroxila – cm ² /s
<i>η</i>	-	Eficiência de Corrente - %
<i>L</i>	-	Espessura do diafragma - cm
<i>β</i>	-	Permeabilidade do diafragma - cm ²
<i>μ</i>	-	Viscosidade dinâmica da solução – g/cm.s
<i>w</i>	-	Velocidade aparente da solução – cm/s

1. MOTIVAÇÃO DO TRABALHO

A motivação para realização deste trabalho foi a necessidade de aprofundar os conhecimentos físico-químicos do diafragma sintético utilizado na Cloro-soda Alagoas, para que isso possa ajudar na otimização do mesmo quanto aos parâmetros de processo.

Com isso é possível identificar a composição mais adequada do diafragma e fazer mudanças com alto grau de assertividade, visando aspectos tais como: menor nível de geração de subproduto, ganho de eficiência energética e redução de custo, voltado para redução de matéria prima, discriminada neste trabalho como parte A, B e C.

O diafragma sintético, por ser uma tecnologia bastante recente na Braskem, tornou-se necessário desenvolver um trabalho dessa natureza, para que, semelhantemente ao amianto, possamos embasar tecnicamente sua implementação.

2. INTRODUÇÃO

2.1. A importância da indústria Cloro soda

A cadeia de cloro, soda e seus derivados constituem uma das mais importantes atividades econômicas do mundo. Expressa uma extensa rede de produção, tendo como principais consumidores os seguintes setores da economia: Papel e celulose, Química e petroquímica, alumínio, Construção civil, sabões e detergentes, têxtil, metalúrgica, Eletrônica, alimentos, Defensores agrícolas, bebidas, tintas, tratamentos de água e embalagens.

As aplicações do cloro são muito variadas, o que lhe dá o título de reagente mais utilizado na indústria química, participando direta ou indiretamente de mais de 50% da produção química mundial.

O mercado mundial de cloro está segmentado principalmente em Vinílicos (33,3%) e produtos orgânicos (19%), e o mercado de soda está segmentado principalmente entre produtos orgânicos (18%), papel e celulose (16%) e produtos inorgânicos (14,3%).

A capacidade mundial de produção de cloro e soda, em 2012, foi na ordem de 76.8 e 86.6 milhões de toneladas respectivamente, distribuídas principalmente na América do Norte, na Ásia e Europa. A figura 1 mostra a distribuição de produção mundial cloro soda.

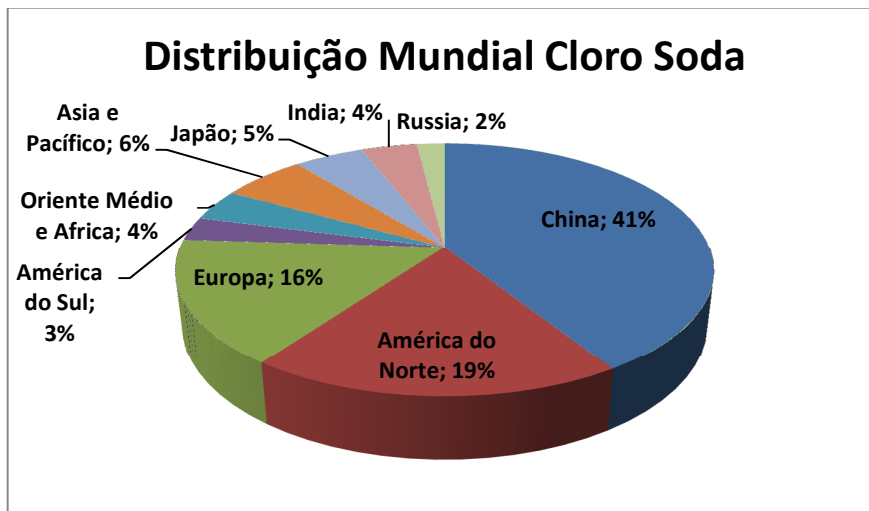


Figura 1 – Distribuição Mundial de Produção Cloro-soda (Fonte: SRI consulting 2012, EUROCLHOR)

No Brasil, tem-se uma produção da ordem de 1.548 mil toneladas de cloro e de 1.690 mil toneladas de soda (Relatório Anual ABCLOR - Base 2013). A tabela 1 mostra a capacidade produtiva das plantas instaladas no Brasil.

Cloro - Capacidade Instalada 2013		
	Fabrica	Capacidade
Tecnologia Diafragma		
Braskem	AL	409.400
Dow Brasil	BA	415.000
Unipar Carbocloro	SP	147.900
TOTAL		972.300
Tecnologia Membrana		
Canexus	ES	47.753
CMPC Celulose	RS	21.000
Pan-Americana	RJ	26.000
Solvay Indupa	SP	160.000
Unipar carbocloro	SP	100.000
TOTAL		354.753
Tecnologia Mercúrio		
Braskem	BA	70.310
Pan-Americana	RJ	14.000
Produquímica Igarassu	PE	29.890
Unipar carbocloro	SP	107.100
TOTAL		221.300
TOTAL GERAL		1.548.353

Tabela 1 – Distribuição de produção no Brasil por companhia (Fonte: Relatório Anual ABCLOR)

Para produção de cloro e soda existem três tecnologias: diafragma, mercúrio e membrana. O processo diafragma é o mais utilizado (46%), seguidos pela membrana (32%) e mercúrio (22%).

Conforme Relatório da ABCLOR, No Brasil, a participação da tecnologia no processo produtivo ocorre da seguinte maneira: diafragma 63% (sendo que 9% são de diafragma sem asbestos e 54% de diafragma com asbestos), membrana com 23% e mercúrio com apenas 14%.

Em 2013, o desempenho da produção do setor de cloro soda apresentou estabilidade frente ao ano anterior. Os volumes de cloro e soda apresentaram variações pouco expressivas. No caso do cloro, observou-se uma redução de 0,2% em relação ao ano anterior, enquanto a soda foi registrada um discreto incremento de 0,3%.

O índice médio de utilização da capacidade instalada para os produtores brasileiros foi de 83%, patamar semelhante ao alcançado em 2012. Cabe ressaltar que problemas pontuais, como interrupções no fornecimento de energia elétrica, acarretaram significativas perdas para o setor.

2.2. Características Funcionais de uma célula Eletrolítica

De acordo com Gallone (1973) uma célula industrial é um sistema definido pelas paredes de um recipiente de forma adequada, totalmente ou parcialmente preenchido por um eletrólito, que pode estar dissolvido ou fundido. No eletrólito são imersos os condutores de elétrons que funcionam como eletrodos.

É anódica a superfície de um eletrodo da qual a corrente elétrica de sinal positivo (inverso ao movimento dos elétrons) sai, penetrando no eletrólito, em um processo de troca eletrônica na interface do condutor de primeira classe (eletrodo) e do condutor de segunda classe (eletrólito), o que equivale a uma oxidação; portanto as espécies químicas se originam por perda de elétrons pelos reagentes para os condutores metálicos do circuito. Ao contrario, é catódica a superfície de um eletrodo na qual a corrente elétrica passa de um condutor de segunda classe ao de primeira classe, em um processo de redução, ou seja, pela aquisição por outras espécies químicas dos elétrons cedidos no processo anódico. A reação eletroquímica global é o resultado conjunto dos processos anódicos e catódicos.

Como consequência da circulação de corrente, o potencial do eletrodo em relação ao eletrólito adjacente (tensão galvânica) acusa uma variação (polarização) positiva na zona anódica e negativa na catódica. Esta forma de polarização, tendo as características de um fenômeno irreversível, desde que acompanhada de uma dissipação de energia, é também chamada de sobre tensão se, na prática, for atribuída a um único processo no eletrodo, nitidamente preponderante sobre qualquer outro processo eventualmente competitivo.

2.3. Unidade de Cloro Soda Alagoas

A unidade de cloro soda da Braskem em Alagoas é composta por três casas de células, onde cada casa de células tem 144 células, o que totaliza 432 unidades eletrolizadoras em operação.

O tipo das células usadas na planta é diafragma "HOOKER H2A-50", pois contêm em cada unidade 50 placas anódicas distribuídas em duas fileiras, alternadas com o diafragma e o catodo. A capacidade de produção das casas de células é de 409.000 ton/ano de cloro, 461.900 ton/ano de soda caustica e 11.548 ton/ano de hidrogênio.

A célula Hooker é dividida em três partes:

- a) Secção de Topo (Tampa da Célula)
- b) Secção de Meio (Conjunto catódico)
- c) Secção de Fundo (conjunto anódico)



Figura 2 – Célula diafragma tipo H2A50

- a) Secção de Topo (Tampa da Célula) – As tampas das células são construídas em FRP usando resina Derakane-470, resistente ao cloro úmido e quente. Na composição do material usado em sua fabricação são adicionados absorventes de raio ultravioleta e retardante ao fogo.
- b) Secção de Meio (Conjunto catódico) - Consiste em uma carcaça de aço carbono provida de quatro bocais, para saída de hidrogênio (também utilizado para realização de vácuo na câmara catódica quando da deposição do diafragma), para a saída de licor de células (também utilizado para indicação de pressão na câmara catódica durante a deposição do diafragma), para o selo de hidrogênio e para o dreno do cátodo durante a lavagem do mesmo, e de uma barra de cobre soldada externamente a essa carcaça. Na parte interna existe uma estrutura de telas, soldadas a carcaça, que formam a câmara catódica. A essa câmara é aplicado o diafragma pelo processo de deposição a vácuo, o que é feito por imersão do catodo e num tanque contendo licor de célula se fibras em suspensão.
- c) Secção de Fundo (Conjunto anódico) - É composto de uma base metálica construída em cobre apoiada sobre uma estrutura de aço carbono e de duas fileiras de 25 placas anódicas fixadas perpendicularmente à base por meio de parafusos e porcas. A base metálica é coberta por uma placa de borracha com 50 furos, por onde passam os parafusos de fixação das placas na base. A finalidade da placa de borracha é proteger a base metálica do ataque químico provocado pela salmoura do compartimento anódico. As placas anódicas são fabricadas em Titânio e recobertas com Oxido de Rutênio e titânio. A figura 3 abaixo mostra de simplificada um processo produtivo da plantas cloro-soda que utilizam tecnologia diafragma.

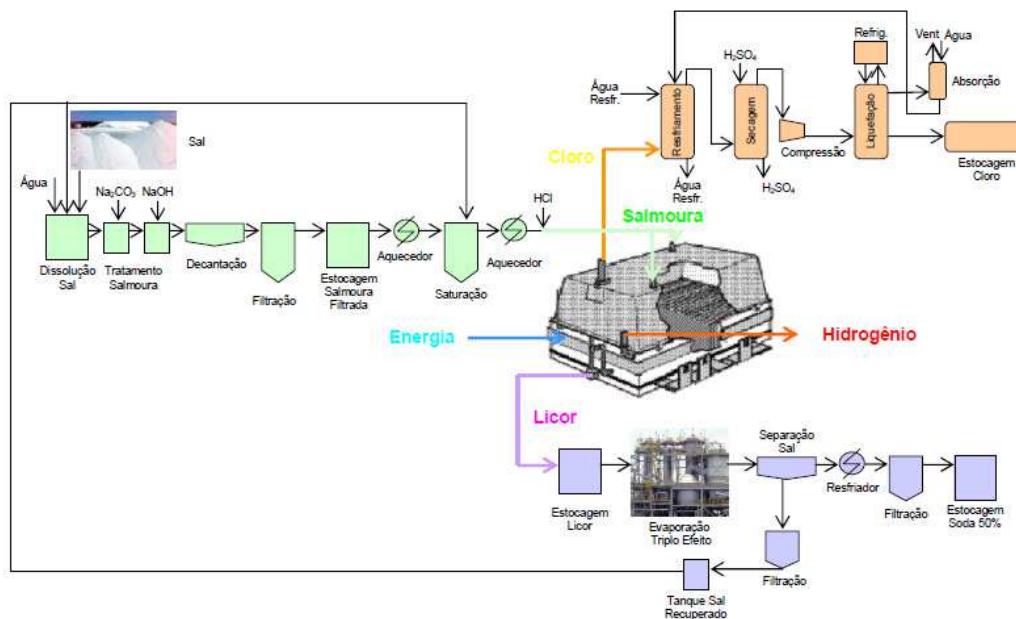


Figura 3 - Fluxograma simplificado do processo produtivo da Unidade de Cloro Soda

2.4. Tecnologia à Diafragma

A célula diafragma foi criada na Inglaterra em 1851 e sugeria a produção de cloro, soda e hipoclorito de sódio a partir da eletrolise da salmoura. Como surgimento dos geradores de eletricidade e de varias invenções em torno dos mesmos, teve início a evolução e desenvolvimento da indústria de cloro e soda.

A tecnologia diafragma foi se desenvolvendo ao longo do tempo, principalmente quanto ao material de construção, que inicialmente os eletrodos eram feitos de madeira, depois passou para concreto, aço, polímeros e finalmente titânio. Os anodos passaram de carbono para grafite, e mais tarde para titânio revestido. Os catodos tiveram poucas modificações em termos de material, mantendo-se em aço, mas evoluiu o aspecto energético. Já os diafragmas podem ser feitos a partir de fibras de amianto e de fibras sintéticas, com nomes comerciais tais como Poliramix e Tephram (Lopes, 2003).

Nesta tecnologia o diafragma é o ponto chave do processo. Sua importância vai desde a eficiência energética até o aspecto relativo à segurança operacional passando pelos aspectos ambientais relativos ao uso do amianto inerente especificamente a este processo industrial.

O processo para obtenção do diafragma ainda é uma atividade essencialmente empírica e quase artesanal fazendo com que haja certa incerteza indesejada nos resultados operacionais de uma planta industrial.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Fundamentação Teórica

Eletrólise

A célula eletrolítica converte energia elétrica em energia química. A reação química não ocorre espontaneamente e sim quando aplicada em corrente elétrica externa. A finalidade desta aplicação pode ser, por exemplo, armazenamento de energia elétrica na forma de energia química, como nas baterias, ou também para decompor ou sintetizar novos produtos químicos, como a eletrólise do cloreto de sódio em solvente aquosa formando cloro, soda e hidrogênio.

De acordo com Knowlton (1941), o funcionamento de uma célula eletrolítica se baseia nas 1ª e 2ª leis de Faraday. A primeira lei estabelece que as quantidades de material liberadas no anodo e no catodo são diretamente proporcionais a quantidade de energia utilizada. A segunda lei define que, para uma mesma quantidade de energia elétrica, as quantidades de materiais liberados no anodo e catodo não proporcionais as massas equivalentes das substancias formadas, sendo a massa equivalente definida como a massa dividida pela Valencia.

Eficiência de corrente

Esta variável esta relacionada com a conversão eletroquímica, ou seja, a relação da quantidade de produto gerado e a quantidade de produto que se produz teoricamente considerando a massa molecular (M) da espécie química formada, a corrente elétrica (I) aplicada na célula, o número de elétrons (n)

envolvidos na transferência entre anodo e catodo, a constante de Faraday (F) e o tempo da eletrólise (Θ).

A quantidade de produto formado pode ser representada pela equação abaixo:

$$W = \left(\frac{M}{nF}\right) \times I\Theta \quad (1)$$

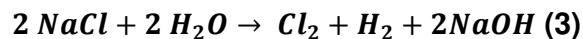
A constante de Faraday (F) estabelece a quantidade de energia elétrica para depositar 0,0011180 g de prata, que possui peso atômico de 107,880 g e Valência 1, ou seja, equivale a 96485,3 coulombs por equivalente.

A eficiência de corrente é calculada pela equação:

$$\eta = \frac{w'}{w} \times 100 \quad (2)$$

Em que w' é a quantidade de produto formado no processo. Os desvios de eficiência em relação a 100% estão associados a fatores químicos como a reações secundárias que podem ocorrer no processo.

A reação geral da eletrolise da solução de salmoura é representada pela equação abaixo, formando hidróxido de sódio, cloro e hidrogênio.



Outras reações podem ocorrer, prejudicando a eficiência da eletrólise, tendo importância devido à influência que tem sobre o tempo de vida do anodo, tempo de vida do diafragma e a pureza dos produtos formados.

Diafragma da Célula

O diafragma é uma camada formada por uma mistura de fibras, podendo ser de fibras minerais (amianto) ou fibras sintéticas, que tem a função de separar o produto formado no compartimento anódico (cloro) dos produtos formados no compartimento catódico (hidrogênio e soda caustica). Atua como um filtro permitindo a difusão ou condutividade do eletrólito de um compartimento em outro. O fluxo de salmoura e a migração de íons podem ser estimados quando se conhece o número e o diâmetro médio de poros.

Os diafragmas podem interferir no processo de eletrolise da célula de acordo com o tamanho dos poros, porosidade, tortuosidade do trajeto capilar, permeabilidade e condutividade superficial. Reduzindo a permeabilidade de íons OH⁻ através do diafragma do lado catódico para o lado anódico, melhora-se a eficiência de corrente, pois a presença de íons hidroxila do lado anódico favorece a reações secundárias indesejáveis ao processo. Esse mecanismo é por “BACK IMIGRATION” e pode ser favorecido pelas condições de operação, tais como pH do anólito, concentração de sal na salmoura e temperatura.

Voltagem da Célula

A voltagem aplicada em uma célula eletrolítica é a composição das voltagens necessárias para vencer a cada uma das resistências internas e possibilitar a formação do produto desejado.

Hine (1985) considera a voltagem geral da célula diafragma como sendo a somatória das voltagens do potencial reversível dos eletrodos, da voltagem de decomposição, das sobre potenciais do anodo e catodo, da queda de potenciais dos eletrólitos e do diafragma.

- Potencial reversível anodo/catodo: é a voltagem teórica requerida para suprir a força eletromotriz da célula eletroquímica, ou seja, é a diferença de potencial necessária para a ocorrência das reações no anodo e no catodo.

O potencial reversível esta associado à energia livre de Gibbs, diferença entre o potencial dos dois estados de um processo, que ocorre a pressão e temperatura constantes, indicando o quanto e em que direção o processo ocorre de modo espontâneo.

Para o processo de eletrolise em diafragma, admitindo-se que as reações ocorrem à pressão e temperaturas constantes, o cálculo de energia livre de Gibbs, de acordo com Hine (1985) é o seguinte:

	ΔG° , Kcal/mol
Anodo: $\text{Cl}^- = \frac{1}{2} \text{Cl}_2 + e^-$	31
Catodo: $\text{OH}^- + \frac{1}{2} \text{H}_2 = \text{H}_2\text{O} + e^-$	-19
Reação Geral: $\text{Cl}^- + \text{H}_2\text{O} = \frac{1}{2} \text{Cl}_2 + \frac{1}{2} \text{H}_2 + \text{OH}^-$	50

Figura 4 – Reações de Eletrolise e Energia livre de Gibbs

O potencial reversível é dado pela equação:

$$-\Delta G = nFE \quad (4)$$

Onde ΔG é a energia livre de Gibbs, E é a força eletromotriz para a reação eletroquímica em questão, n é o número de cargas transferidas e F , constante de Faraday.

Para o anodo a voltagem de decomposição é definida pela equação:

$$E_A = E_A^0 + \frac{RT}{nF} \ln \left[\frac{(P_{\text{Cl}_2})^{1/2}}{(a_{\text{Cl}^-})} \right] \quad (5)$$

Para o catodo a voltagem de decomposição é definida pela equação:

$$E_C = E_C^0 + \frac{RT}{nF} \ln \left[\frac{(P_{\text{H}_2})^{1/2}}{(a_{\text{H}_2\text{O}})} \right] \quad (6)$$

Logo a voltagem de decomposição E é definida pela equação:

$$E = E_A - E_C \quad (7)$$

Onde E_A e E_C são os potenciais eletroquímicos da reação a 25°C, R é a constante dos gases, n é o número de elétrons transferidos para as reações da célula, F é a constante de Faraday, α é a atividade para íons cloro e água respectivamente.

A atividade pode ser calculada pelo produto da concentração molar C pelo coeficiente de atividade γ .

$$\alpha = C \times \gamma \quad (8)$$

Segundo Perry (1950), o coeficiente de atividade tende a aumentar com o incremento da temperatura, e pode ser obtido pela equação:

$$\frac{2.3d \log \gamma}{dT} = -\frac{H'}{RT^2} \quad (9)$$

Onde H' é a entalpia parcial molar do componente na solução menos a entalpia do líquido puro à mesma temperatura, T é a temperatura absoluta e R a constante dos gases.

Desta forma observa-se que o potencial reversível de uma célula esta associado com a temperatura, concentração e pressão.

- Sobre potencial do anodo: Componente da voltagem quando ocorre a formação de gás nos eletrodos. A resistência provocada pelo filme de gás sobre a superfície do eletrodo e pelo efeito das bolhas de gás que estão próximos ao anodo. A eletrólise do cloreto de sódio, o gás gerado no anodo é o cloro.
- Sobre potencial do catodo: Ocorre o mesmo efeito já citado no anodo, mas o gás gerado é o hidrogênio.
- Sobre potencial do eletrólito: voltagem necessária para superar as resistências do eletrólito, influenciada pela concentração e temperatura da solução e pelo efeito de formação de bolhas, e pode ser definida pela lei de Ohm:

$$IR = \frac{Id}{AK} = \frac{id}{k} \quad (10)$$

Onde I é a corrente elétrica, i é a densidade de corrente, d é o espaçamento dos eletrodos em cm, A área da seção transversal em cm² e k a condutividade em mhos/cm.

Verifica-se que a condutividade da solução (k) sofre interferência da concentração e temperatura. Temperaturas mais elevadas, para uma mesma

concentração, apresentam maiores condutividades, como por exemplo, para as soluções de NaOH. Entretanto, para uma mesma temperatura, pode ocorrer um incremento ou decréscimo da condutividade conforme a faixa de concentração em que se trabalha.

O gráfico 5 abaixo mostra a variação de condutividade de soluções de NaOH e retratam o efeito da concentração e temperatura.

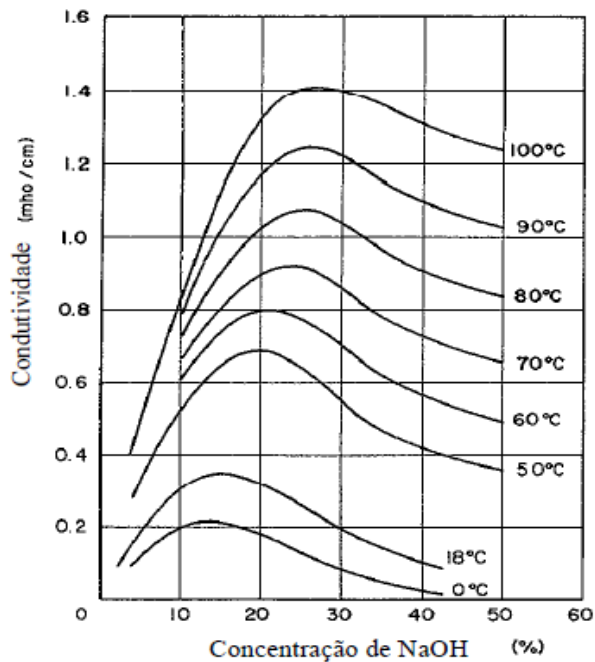


Figura 5 – Gráfico de Condutividade x Concentração de soda

Outro fator que contribui para alteração da condutividade da solução ocorre quando nos eletrodos há produção de gás como cloro e hidrogênio. As bolhas de gás dissolvidas na solução podem incrementar fortemente a queda de potencial no anólito e no cátólito.

- Queda de potencial do Diafragma: Uma das parcelas que compõem a voltagem da célula está associada à resistência ou obstrução imposta pelo diafragma, que são dependentes do nível de porosidade do diafragma, que é função do tipo e tamanho das fibras do material utilizado, das condições de deposição sobre o catodo (concentração das fibras na solução, pressão e tempo).

A quantidade de precipitados de cálcio e magnésio provenientes da salmoura e o tempo de operação interferem diretamente na voltagem atribuída

ao diafragma. A figura 6 mostra o comportamento da voltagem com o aumento de dias de operação da célula.

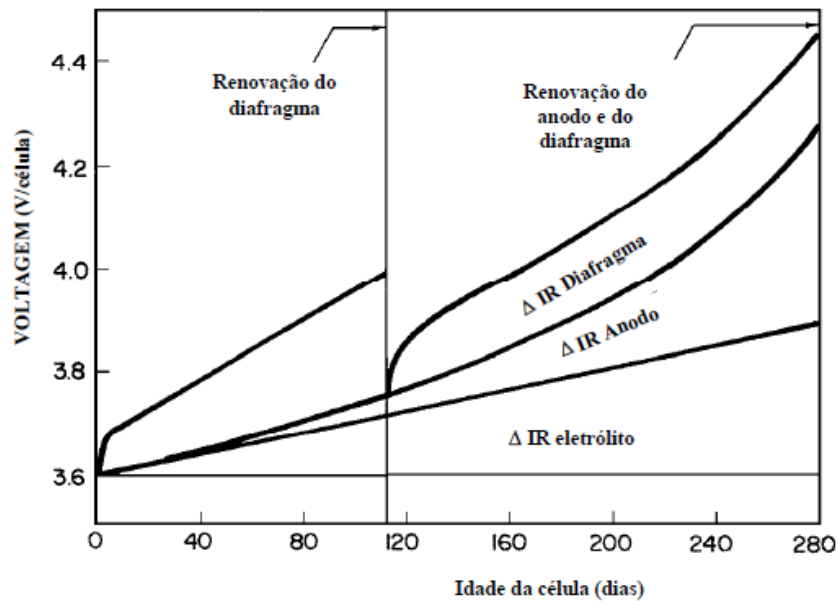


Figura 6 - Variação de voltagem da célula diafragma (Hine, 1985)

- Queda de voltagem do metal: o valor desta parcela da voltagem é em geral pequeno, mas pode ser negligenciada quando há células eletrolíticas operando em serie, estando associada ao tipo do material utilizado na construção da célula.

A voltagem da célula possui grande importância na indústria cloro-soda, pois qualquer diminuição de uma destas parcelas de voltagem pode gerar redução no consumo de energia elétrica e conseqüentemente uma redução nos custos de produção.

Efeito de Temperatura

Em geral, a resistência elétrica de uma substância varia com a temperatura. A resistência de substâncias não metálicas diminui com o aumento da temperatura e para todos os metais puros ocorre o inverso. Para intervalo de temperatura entre 0 e 100°C, a variação da resistência do metal é diretamente proporcional à temperatura (Gray; Wallace, 1958 e Knowlton 1941).

Para a célula eletrolítica, constituída por materiais de tipos diferentes, o comportamento da resistência da célula em função da temperatura depende dos materiais utilizados em sua construção como também das características do processo, como composição, concentração do anólito e do católito.

Efeito das bolhas na condutividade da solução

Quando na reação do eletrodo ocorre a formação das bolhas de gás, estas se dispersam no eletrólito podendo diminuir fortemente a sua condutividade. O efeito das bolhas pode ser classificado como redução da área de superfície de contato do eletrodo e incremento na resistividade da solução eletrolítica.

Gardiner (1963) e Hine (1985) verificou que para o tipo de célula Olin E-11, para distancias entre o anodo e o catodo superiores a 0,3 polegadas, a resistividade da solução não foi afetada pela formação das bolhas de cloro, mas sofreu influencia quando esta distancia foi menor.

MacMullin; Mills; Fuehlen (1971) e Hine (1985) constataram que em células diafragma tipo Hooker, a circulação de salmoura reduz a queda de voltagem entre os eletrodos.

Tobias (1959) e Hine (1985) propôs uma equação para correlacionar resistividade com a fração do gás na célula eletrolítica.

$$\frac{\zeta}{\zeta_0} = (1 - \varphi)^{-3/2} \quad (11)$$

Onde ζ_0 é a resistividade livre de bolhas e φ é a fração média das bolhas

Esse efeito das bolhas de gás na condutividade no eletrólito pode ser reduzido de três formas:

1. Utilizando eletrodos perfurados, diminuindo o acúmulo de gás na superfície do eletrodo;
2. Com a recirculação do eletrólito, reduzindo a fração do gás dentro da zona de eletrolise melhorando a condutividade;

3. Aumento da pressão, reduzindo o volume ocupado pelas bolhas de gás da solução;

Efeito do pH

O efeito do pH de um eletrólito está associado à condutividade da solução eletrolítica. Decréscimos de pH, ou seja, aumento da acidez, favorecem efeitos de condutividade da solução, diminuindo a resistência interna da célula e contribuindo para redução da voltagem de decomposição da mesma (Knowlton, 1941). A figura 7 mostra a relação entre pH e condutividade do anólito.

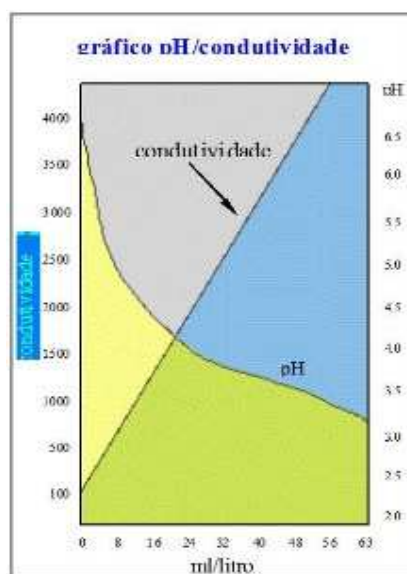


Figura 7 – Gráfico de condutividade x pH

Efeito da Vazão de salmoura

A influência da vazão de salmoura através da célula está associada ao fornecimento de íons Na^+ e Cl^- e à ocorrência do efeito de migração contrária de íons OH^- do lado catódico para o lado anódico.

Para vazões de salmoura reduzidas, aumenta-se a possibilidade dos íons OH^- , formados a partir da eletrolise da água no lado catódico, migrarem para o lado anódico através do diafragma, causando perdas destes íons, como

também de Cl^- , para formarem hipoclorito e cloratos, reduzindo a eficiência da célula.

3.2. Diafragma sintético

O Diafragma sintético usado na Braskem consiste de vários materiais diferentes, muitos dos quais a base de teflon. Estes materiais são estáveis no anólito e católito. O diafragma é produzido de forma semelhante ao diafragma de amianto, que é depositado sobre o cátodo em banho especial. O diafragma é constituído através de duas etapas diferentes, denominadas “base coat” (*camada-base*) e “Top coat” (*camada-topo*). Esses são depositados a vácuo sobre o cátodo, mas diferentes sistemas são utilizados para cada um.

A camada base é depositada submergindo o catodo em um tanque contendo uma suspensão constituída por vários componentes diferentes, incluindo microfibras, fibras de teflon, fibras de polietileno, fibra de vidro, espessantes e outros líquidos misturados na água. Um vácuo é aplicado na saída de licor ou de hidrogênio de célula de modo a empurrar a suspensão através do cátodo. Conforme a suspensão flui através da tela (ou chapa perfurada), as fibras da camada-base começam fixar-se na superfície do catodo. Conforme o vácuo continua, cada vez mais fibras são retidas na superfície do catodo até que toda a superfície fique coberta pelo diafragma. A quantidade de material depositado é crucial para o desempenho de célula e é cuidadosamente controlada.

Uma vez que o diafragma seja depositado, é secado no forno a baixas temperaturas antes da deposição da camada-topo. A camada-topo é aplicada de forma semelhante à camada-base – a célula é submersa em um tanque contendo uma suspensão composta por água, pó de óxido de zircônio, argila e outros componentes de menor importância. A quantidade de camada-topo é também cuidadosamente medida e controlada. A célula é curada uma segunda vez após aplicação da camada-topo.

Em um diafragma adequadamente formado, não é a fibra de teflon que separa os produtos do anólito dos produtos de católito. Em vez disso, é uma

membrana gelatinosa dentro da matriz da camada-base que forma o diafragma de trabalho.

O Attagel, que é o principal componente da camada-topo, contém silicato de magnésio, silicato de alumínio e outros minerais. Quando a eletrólise é iniciada, o anólito torna-se ácido (pH baixo) e o fluxo de ácido através do diafragma dissolve o magnésio do lado catódico do diafragma. Este fluxo de íons através do diafragma transporta o magnésio em direção ao catodo. Como a soda cáustica é formada no catodo, a retro-migração “back-migration” de íons OH^- no diafragma precipita o magnésio como gel de hidróxido de magnésio dentro do diafragma. A formação continuada deste gel resulta em uma camada dentro do diafragma, que é o componente mais importante no funcionamento do diafragma.

Uma vez que o funcionamento normal da célula é atingido, um “gradiente de pH” em estado estacionário é definido através do diafragma – sendo altamente cáustica no lado do cátodo e ácido no lado do ânodo. A camada de gel é formada num ponto estreito dentro do diafragma onde o pH é tal que magnésio e outros hidróxidos precipitam. Sob condições normais de funcionamento, a maior parte do diafragma é exposta aos valores de pH elevados do católito.

Alterações nas condições operacionais que afetam o equilíbrio do gradiente de pH têm um efeito negativo direto sobre o diafragma. O gradiente de pH dentro da célula está relacionado com a carga de célula, fluxo de salmoura e a concentração de NaOH no licor de célula. Uma vez estabelecido o estado estacionário, alterações nessas variáveis operacionais principais devem ser evitadas ou minimizadas para alcançar um desempenho ideal. O diafragma sintético tem a vantagem de não ser permanentemente danificado em condições adversas de funcionamento, mas a eficiência de célula pode ser afetada negativamente. Alterações freqüentes e severas na corrente de operação também podem afetar a eficiência de célula em curto prazo, mas podem ser compensadas com dopagem adequada.

4. OBJETIVO DO TRABALHO

O objetivo geral deste trabalho é propor e validar um modelo matemático estatístico para avaliar o rendimento de uma célula eletrolítica de diafragma, que relacione a influência da mistura dos componentes que forma o diafragma sintético, partes A, B e C, nas variáveis resposta que definem a resposta do processo eletrolítico, como eficiência de corrente e concentração de soda.

Após a definição dos modelos, obtido a partir dos experimentos, utilizamos o modelo de Van Zee (1984) para definir dados de concentração de soda e eficiência da célula.

Isso nos direciona a realizar mudanças da composição do diafragma, de forma bem assertiva, visando à otimização do diafragma e a previsão das características operacionais das células eletrolíticas antes mesmo de entrar em operação.

A otimização deste diafragma passa pela obtenção de uma membrana que promova uma alta eficiência de corrente, associado com um baixo consumo específico de energia e que tenha a quantidade de insumo minimizada.

5. MODELO MATEMÁTICO DE UMA CÉLULA DIAFRAGMA

5.1. Modelagem Matemática

Os modelos matemáticos desenvolvidos para células diafragmas visam descrever o mecanismo de transporte de íons hidroxila através do diafragma.

Desde a década de 50 inúmeros modelos foram propostos (VAN ZEE, 1984), entretanto apenas parte deles inclui propriedades que caracterizam diafragmas semelhantes aos utilizadas neste trabalho (KOH, 1981). Todavia, KOH (1981), assim como HINE ET al. (1977; 1981), usaram técnicas e experimentos de pouca utilidade prática, por exemplo, HINE ET al. (1977; 1981) usaram uma relação entre a área do diafragma e a área dos poros do diafragma as quais não possuem um método direto de medição. Já o método proposto por Nagy (1977), utilizou-se uma relação empírica para descrever o

transporte dos íons hidroxila através do diafragma sem considerar as propriedades do diafragma.

KUBASOV (1976), por sua vez, propôs uma relação entre espessura do diafragma e um “coeficiente de sinuosidade” como parâmetro característico do diafragma, entretanto este coeficiente não é uma quantidade medida.

POUSH ET al. (1983) foi quem primeiro propôs uma metodologia para caracterização do diafragma baseado numa relação entre a condutividade de um diafragma saturado com um eletrólito e a condutividade do eletrólito. Essa relação, conhecida como número de MacMullin (N_{MAC}), é uma medida da habilidade de um meio poroso, o diafragma, de prevenir o movimento das espécies dissolvidas no eletrólito, ou seja, trata-se de uma relação entre o coeficiente de difusão de um íon num meio poroso e o coeficiente de difusão deste íon fora de um meio poroso.

Em todos os modelos matemáticos os parâmetros que caracterizam o diafragma foram utilizados sem considerar o processo de confecção dos diafragmas. Conseqüentemente em nenhum trabalho, citado acima, foi encontrado uma relação entre as condições operacionais no processo de deposição do diafragma e os parâmetros que os caracterizam.

5.2. Modelo de VAN ZEE

Van Zee (1984) e Van Zee al. (1986), propuseram um modelo matemático para o transporte da hidroxila um função de uma propriedade do diafragma. Tal propriedade é o número de MacMullin, N_{Mac} (POUSH 1983). O modelo considera que o fluxo de íons hidroxila através do diafragma pode ser descrito conforme abaixo. A figura 8 mostra o esquema de uma célula diafragma.

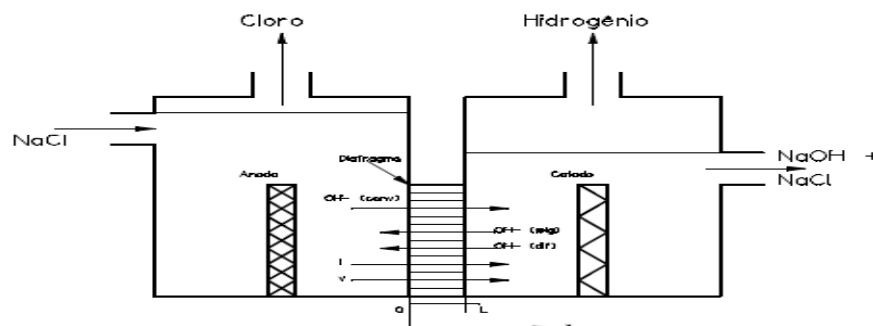


Figura 8 – Desenho esquemático de uma célula diafragma

Modelo proposto por Van Zee para o fluxo da hidroxila através do diafragma é descrito como:

$$N_{OH^-} = -\frac{D_1}{N_{Mac}} \frac{dC_1}{dx} - \frac{D_1}{K_{arg}} \frac{F_i}{RT} C_1 + vC_1 \quad (12)$$

Onde C refere-se à concentração de íons OH⁻, D é o coeficiente de difusão, K_{arg} é a condutividade da solução em $\Omega^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$, N_{Mac} é o número de MacMullin, F é a constante de Faraday, R é a constante dos gases, T é a temperatura e v é a velocidade de percolação.

A equação ainda pode ser simplificada se deixarmos o segundo termo em função do N_{Mac} através da equação abaixo:

$$i = \frac{N_{Mac}}{N_{Mac}} \frac{d\phi}{dx} \quad (13)$$

Onde $\frac{d\phi}{dx}$ refere-se ao potencial gradiente e substituindo temos:

$$N_{OH^-} = -\frac{D_{OH^-}}{N_{Mac}} \frac{dC_{OH^-}}{dx} - \frac{D_{OH^-}}{K_{arg}} \frac{F \cdot i}{RT} C_{OH^-} + vC_{OH^-} \quad (14)$$

O primeiro termo da equação acima refere-se à contribuição da difusão dos íons OH⁻ através do diafragma, o termo 2º e 3º são as contribuições da migração e da convecção dos íons OH⁻, respectivamente.

O fluxo de íons, dado pela equação, é definido como positivo na direção x em cm.

Mostra também a direção da velocidade de percolação v em cm/s e a densidade de corrente em i em A/cm², através do comprimento do diafragma L em cm.

Segundo (Filho, 2009) a equação 14 pode ser simplificada considerando que a densidade de corrente através do diafragma está relacionada ao gradiente de potencial através do diafragma pela expressão (13).

Onde em K_{arg} em $\Omega^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$ é a condutividade média específica do eletrólito dentro do diafragma.

Filho (2009) ainda prevê uma simplificação da equação de Van Zee (1984) obtendo uma expressão de para a concentração de OH⁻ em qualquer posição dentro do diafragma resolvendo-a no equilíbrio dinâmico, ou seja:

$$\frac{d}{dx} N_{OH^-} = 0 \quad (15)$$

Sujeito as condições de contorno em $x = 0$ e $C_{OH^-} = 0$

O resultado é, como mostrado na equação abaixo (WHITE ET al., 1984)

$$C_{OH^-}(x) = \frac{\frac{i}{Fv} \{1 - \exp\left[\left(1 - \frac{FiD_{OH^-}}{RTK_{arg}v}\right) \frac{vN_{Mac}x}{D_{OH^-}}\right]\}}{\frac{FiD_{OH^-}}{RTK_{arg}v} - \exp\left[\left(1 - \frac{FiD_{OH^-}}{RTK_{arg}v}\right) \frac{vN_{Mac}L}{D_{OH^-}}\right]} \quad (16)$$

A eficiência de corrente pode ser definida pela equação abaixo:

$$\eta = \frac{v C_{OH^-}}{\frac{i}{F}} \quad (17)$$

Substituindo a equação de eficiência na equação de concentração de hidroxila, temos:

$$\eta = \frac{1 - \exp\left[\left(1 - \frac{FiD_{OH^-}}{RTK_{arg}v}\right) \frac{vN_{Mac}L}{D_{OH^-}}\right]}{\frac{FiD_{OH^-}}{RTK_{arg}v} - \exp\left[\left(1 - \frac{FiD_{OH^-}}{RTK_{arg}v}\right) \frac{vN_{Mac}L}{D_{OH^-}}\right]} \quad (18)$$

Onde v é a velocidade de percolação que é definida pela equação de Darcy, pois o diafragma é considerado um meio filtrante (FILHO, 2009)

$$v = \frac{\beta \cdot \Delta P}{\mu L} \quad (19)$$

Onde β é a permeabilidade do diafragma, ΔP é a queda de pressão hidrostática através do diafragma entre o anólito e o católito, em g/cm.s², μ é a viscosidade da solução, em g/cm.s, e L é a espessura do diafragma em cm.

5.3. Modelando o Diafragma

Segundo POUISH e VAN ZEE, duas variáveis são necessárias para caracterizar o diafragma: o número de MacMullin e permeabilidade. O número de MacMullin (N_{Mac}) é uma grandeza adimensional que relaciona porosidade com tortuosidade do diafragma e pode ser definido experimentalmente através da medição de resistência elétrica do eletrólito com e sem o diafragma.

O procedimento para definição do número de MacMullin é definido em

- 1) Deixar o diafragma em salmoura em 24 horas
- 2) Medir a resistência padrão do meio com salmoura, mas sem o diafragma
- 3) Realizar uma nova medição, mas agora com o diafragma no local - R

- 4) Obter a média aritmética das medições anteriores - Rs
- 5) E por fim através da equação abaixo obter o N_{Mac}

$$N_{Mac} = \frac{R-Rs}{r_o} + 1 \quad (20)$$

6. METODOLOGIA

6.1. Ferramentas e conceituação Técnica utilizada

Para a elaboração do experimento será utilizada o software Minitab como ferramenta de apoio e as variáveis manipuladas serão as mesmas do procedimento padrão de deposição, mantendo a viscosidade constante em 200 cp.

As manipulações foram feitas com as partes A, B e C que são os ingredientes que compõem o diafragma da célula. A ficha de especificação e segurança dos componentes estão apresentadas no anexo 1 deste trabalho.

A Ferramenta utilizada para a definição do experimento será o DOE (Delineamento e Experimento) que é uma ferramenta estruturada para modelagem de experimentos. Com esta ferramenta, é possível definir alguns parâmetros para manipulação e através disto avaliar sua influência nas variáveis de saída. Esta avaliação pode ser apresentada graficamente e algebricamente, através de modelos matemáticos.

1º passo - Planejamento Experimental

Cada parâmetro teve uma variação em relação ao ponto central (experimento 7 da tabela 2) para mais e para menos, considerando as condições utilizadas em escala industrial.

O experimento será realizando tomando como base um experimento tipo fatorial 2^n .

As variáveis a serem manipuladas são denominadas parte A, B e C e representam os componentes principais que formam o diafragma sintético. Então teremos um numero de 2^3 experimentos com uma replica, totalizando 18 ensaios.

2º passo – Preparação dos diafragmas

Os diafragmas foram preparados através da cuba de deposição do Laboratório de Engenharia Eletroquímica (LEEq) vinculado à UAeq (Unidade acadêmica de Engenharia Química) da Universidade Federal de Campina Grande UFCG.

Para este processo será aplicado uma tela catódica de aproximadamente 64 cm² por onde fluirá a solução contendo os materiais que compõem o diafragma. Cada componente terá sua variação conforme mostrado na tabela 2 abaixo:

Experimento	Parte A	Parte B	Parte C	A (g)	B (ml)	C (g)
1	-	+	-	3	180	2
2	+	-	+	10	60	6
3	+	+	-	10	180	2
4	+	+	+	10	180	6
5	-	-	-	3	60	2
6	+	-	-	10	60	2
7	0	0	0	6,5	120	4
8	-	-	+	3	60	6
9	-	+	+	3	180	6

Tabela 2 – Distribuição dos experimentos

3º passo – Medição das variáveis respostas

Para mediação das variáveis resposta (N_{Mac} , Espessura dos diafragmas e Permeabilidade do diafragma) serão utilizados equipamentos de laboratório destinados a este fim.

O número de Macmullin será calculado a partir das medições de resistividade do meio eletrolítico com e sem a presença do meio poroso – o diafragma. A figura 9 mostra o equipamento utilizado para medições. Os equipamentos utilizados foram multímetro AGILENT modelo U1242B, gerador de corrente AGILENT 33210^a e medidor de tensão GUBINTEC MD-9000R.

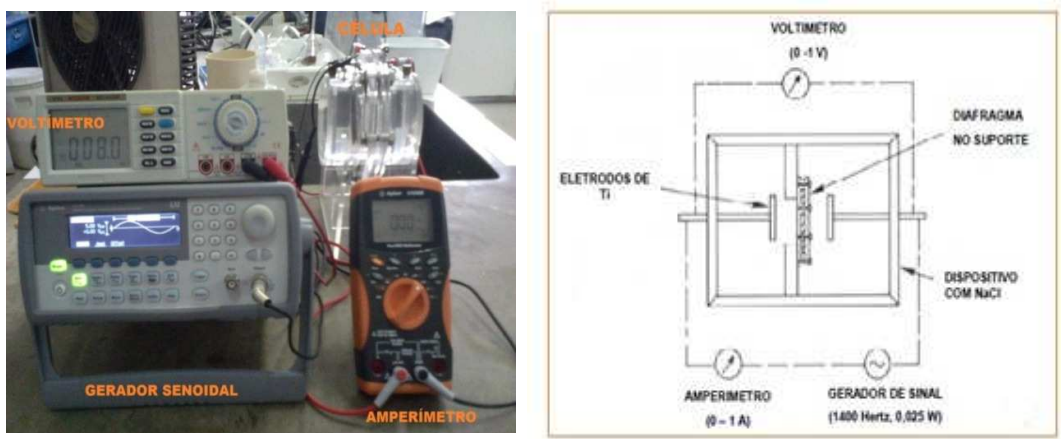


Figura 9 - Dispositivo utilizado para medição do número de MacMullin -

As medições de espessura podem ser facilmente ser medidas a partir da utilização de um equipamento de precisão comercialmente vendido (ELEKTRO PHYSIK – Minitest 4100). Conforme demonstrado na figura 10.



Figura 10 - Dispositivo utilizado para medição da espessura do diafragma

Já a permeabilidade será medida a partir da metodologia apresentada por GALONE (1973) que considera que a passagem do fluido eletrolítico através do diafragma acontece sempre a uma velocidade menor que a limite depois que se estabelece o regime tortuoso. Isto se deve a resistência ao atrito, a diferença de pressão sobre o diafragma, a viscosidade dinâmica μ (poise) que é proporcional a velocidade aparente do líquido e a espessura do diafragma.

Seja w a velocidade aparente e a superfície externa do diafragma S , em cm^2 . Se a diferença de pressão é dada pelo produto de H (cm) vezes a

densidade do fluido ρ e a aceleração da gravidade g (980 cm/s^2), o valor do coeficiente de permeabilidade β é obtido experimentalmente pela equação abaixo:

$$\beta = \frac{\mu \cdot W}{\rho \cdot g \cdot H} \quad (21)$$

O equipamento montado para medição da permeabilidade esta demonstrado na figura 11 abaixo.

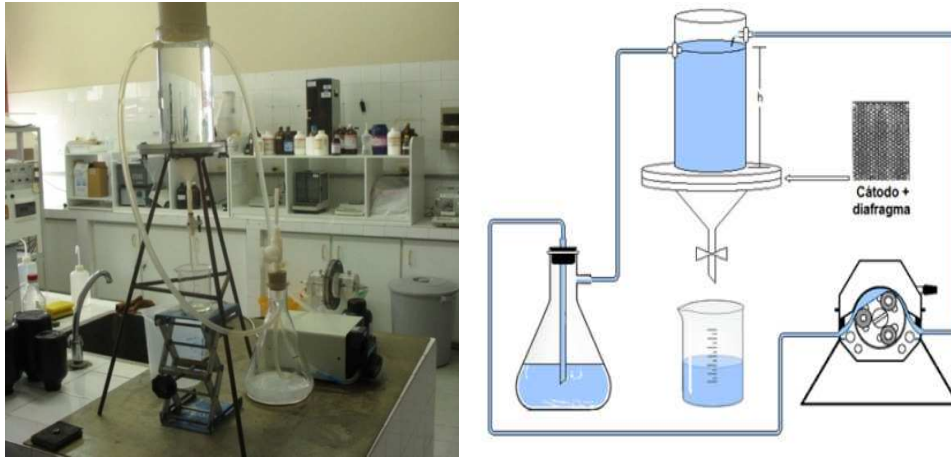


Figura 11 – Dispositivo montado para medição de permeabilidade

4º passo – Definição e validação do Modelo matemático

Para definição e validação do modelo, será utilizado como apoio o modelo de Van Zee que define os valores de concentração de soda e eficiência a partir da medição de algumas variáveis.

O modelo de Van Zee foi à ponte entre o modelo definido neste trabalho e os dados operacionais das células, ou seja, as variáveis respostas poderão alimentar o modelo de Van Zee e este, por sua vez, nos dará os valores de C_{OH^-} (concentração de soda da célula) e η (eficiência de corrente) e assim será possível medir o grau de precisão do modelo.

6.2. Deposição dos Diafragmas

O processo de preparação do diafragma iniciou-se com a agitação do agente espessante (Diutana) durante 10 minutos, em uma rotação de 3500RPM. Em seguida adicionou-se a essa solução a quantidade de fibras pré-estabelecida no experimento, utilizando balança de precisão SHIMADZU UX620H, mantendo-se a mesma agitação por mais 10 minutos. Ao término dos 20 minutos a solução com as fibras foi então adicionada no sistema de deposição. A figura 12 mostra o sistema utilizado para deposição do diafragma.



Figura 12 - Sistema de Deposição

Com o auxílio de uma bomba modelo BUCHI V700, o vácuo foi controlado, conforme figura abaixo, para evitar passagem de fibras através do diafragma durante a deposição.

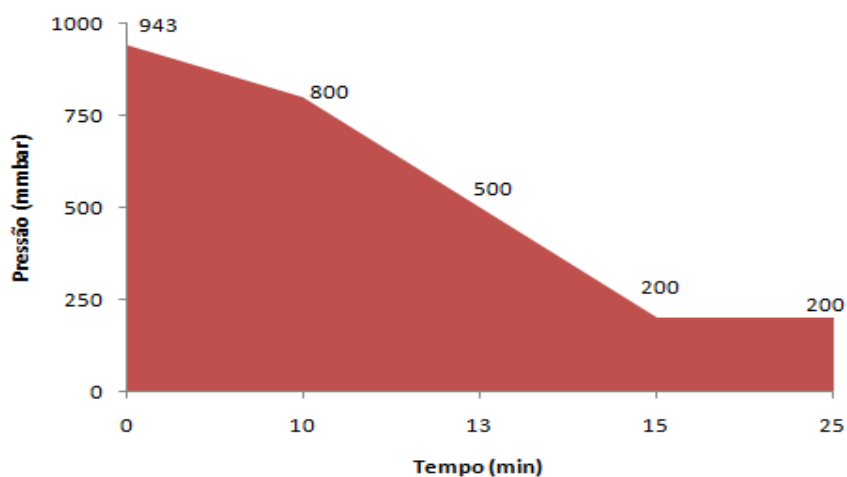


Figura 13 - Curva de Vácuo para controle da Deposição

Após a deposição o diafragma foi posto em secagem durante uma hora, na temperatura de 120°C, com auxílio de uma estufa, modelo SOLAB SL 12. Logo após a secagem efetuamos a dopagem do diafragma, utilizando a mesma célula usada na deposição original (Parte C).

No final da dopagem, o diafragma foi então para mufla para a secagem. A curva de temperatura utilizada nesse processo está demonstrada abaixo.

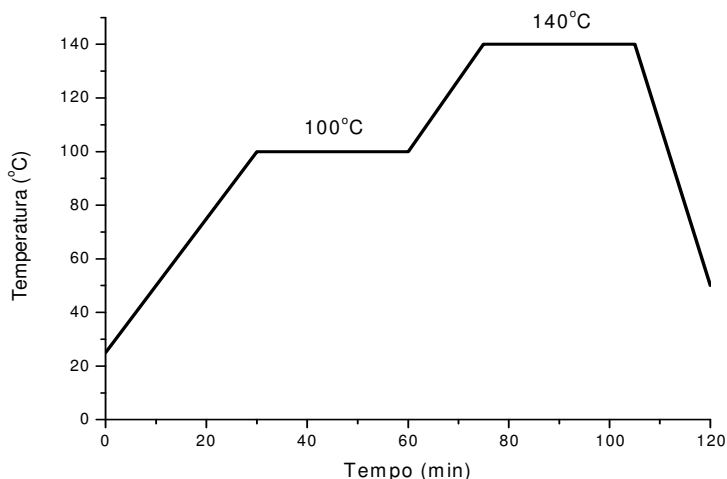


Figura 14 - Curva de aquecimento para secagem do diafragma sintético

7. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na tabela abaixo mostram os resultados do planejamento experimental

Esperimento	Parte A	Parte B	Parte C	Permeabilidade (cm ²) x10 ⁸	Espessura (mm)	Nmac
1	-	+	-	0,021	3,918	1,384
2	+	-	+	6,439	5,778	1,308
3	+	+	-	1,331	7,856	1,464
4	+	+	+	1,395	9,203	1,310
5	-	-	-	0,087	1,458	1,103
6	+	-	-	2,446	5,861	1,288
7	0	0	0	0,176	5,196	1,397
8	-	-	+	0,418	2,037	1,183
9	-	+	+	0,005	3,782	1,422

Tabela 3 – Resultados obtidos no experimento

Para análise dos dados foi utilizado o software de análise estatística MINITAB®

7.1. Principais efeitos e interações

Os resultados do planejamento experimental estão apresentados abaixo, descrevendo as interferências dos parâmetros de controle do experimento no número de MacMullin (N_{Mac}) e permeabilidade (β).

A figura 15 mostra os efeitos dos parâmetros manipulados no experimento (parte A, B e C conforme tabela 2) no número de MacMullin (N_{Mac}).

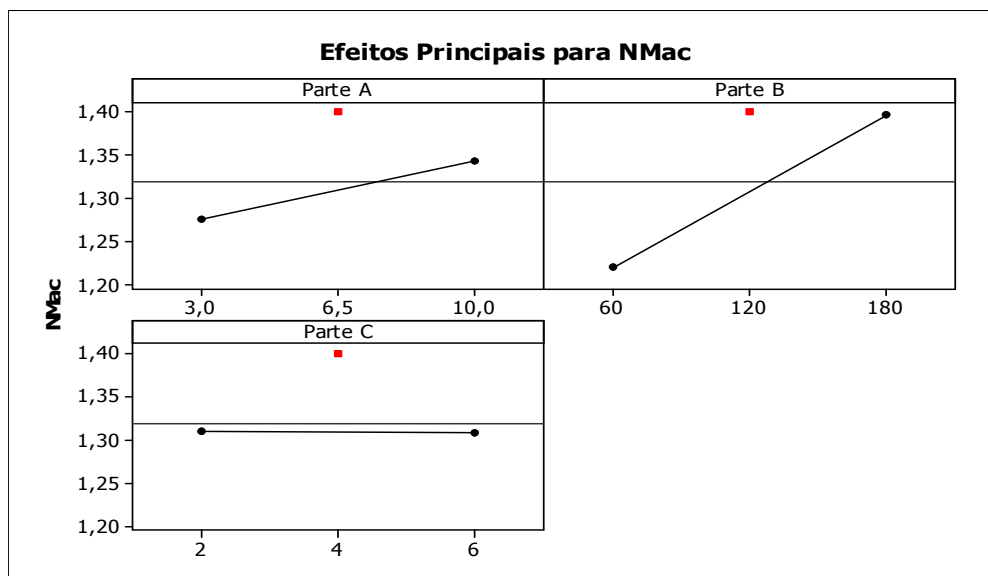


Figura 15 – Efeitos no número de MacMullin

Pode ser observado que o aumento dos parâmetros de A e B provoca um aumento no número de MacMullin, enquanto isso, o parâmetro C praticamente não tem efeito sobre esta variável, no entanto no ponto central, houve significativo aumento do N_{Mac} . Isso deve ocorrer devido à saturação do diafragma com a parte C ocorrer próximo do ponto central, ou seja, a partir daí, não há mais influencia de C no diafragma por mais não existir capacidade de absorção.

A interferência no N_{Mac} , em linhas gerais, reflete a interferência do diafragma na aumento da resistência elétrica da célula, ou seja, quando maior esta variável, maior a resistência a passagem de íons através do diafragma.

As causas fenomenológicas são resumidas na tabela 4 abaixo:

Variável	Efeito em N_{Mac}	Causa
Parte A	Aumento	O aumento da quantidade de fibras no diafragma aumenta a espessura do diafragma e conseqüentemente aumenta a resistência do meio devido à dificuldade da passagem dos íons.
Parte B	Aumento	A parte B é composta por micro-fibras e dispersantes que ajudam na aglomeração das fibras, fazendo com que a resistência aumente.
Parte C	Constante	Esse efeito não condiz com a prática, o aumento deste parâmetro, deveria diminuir o N_{Mac} , pois, o óxido metálico presente neste componente deveria aumentar a condutividade elétrica do meio. Isso deve ter ocorrido devido o meio já está totalmente saturado da parte C, e logo, não permitir mais acréscimo de massa ao diafragma.

Tabela 4 – Causas Fenomenológicas de N_{Mac}

A figura 16 mostra os efeitos dos parâmetros controlados na permeabilidade do diafragma. Ela mostra que o parâmetro A e C provocam aumento da permeabilidade, enquanto B provoca redução.

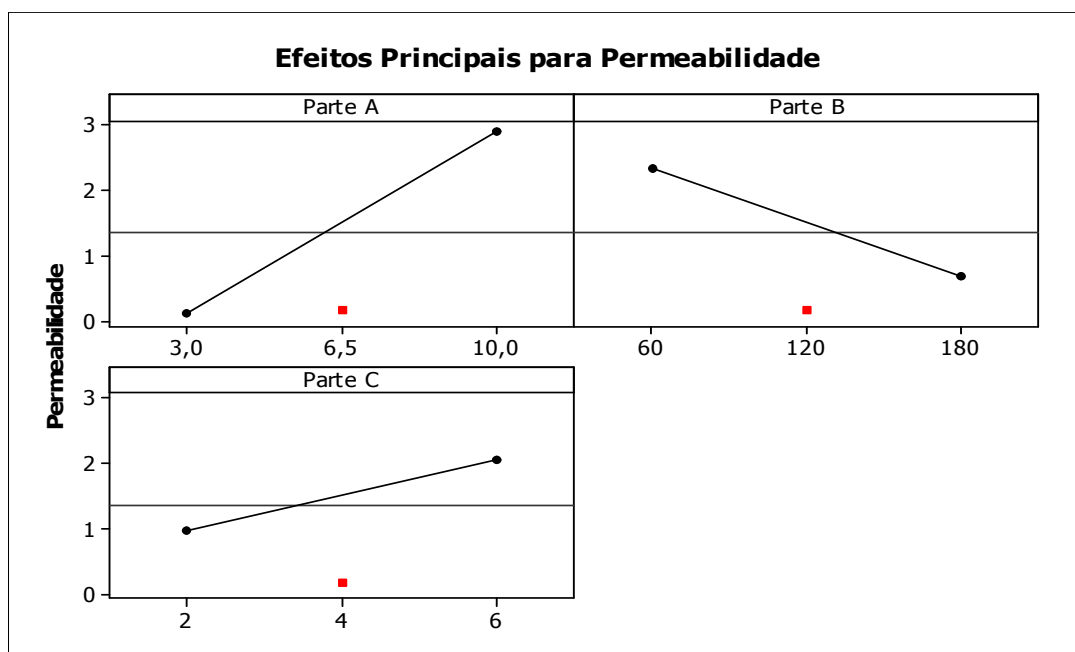


Figura 16 – Efeitos de Permeabilidade

A parte C apesar de dentro da variação máxima do experimento apresentar aumento da permeabilidade, no ponto central demonstra redução da

permeabilidade, ou seja, dentro de uma determinada faixa de controle o comportamento se altera.

As causas fenomenológicas são apresentadas na tabela 5 abaixo:

Variável	Efeito em Permeabilidade β	Causa
Parte A	Aumento	O aumento da quantidade de fibras longas aumenta a permeabilidade do diafragma, por proporcionar espaços vazios no meio.
Parte B	Redução	Devido à parte B ser composta de microfibras, o aumento da concentração no meio, reduz a porosidade di diafragma.
Parte C	Aumento	Esse efeito não condiz com a prática, pois a parte C reduz a permeabilidade. No entanto, podemos observar que no ponto central há redução de permeabilidade.

Tabela 5 – Causas Fenomenológicas de β

Na figura 17, esta demonstrada às interações dos parâmetros e como elas influenciam o número de MacMullin, permeabilidade e espessura, ou seja, os agrupamentos dos parâmetros apresentam um comportamento conforme demonstrado abaixo:

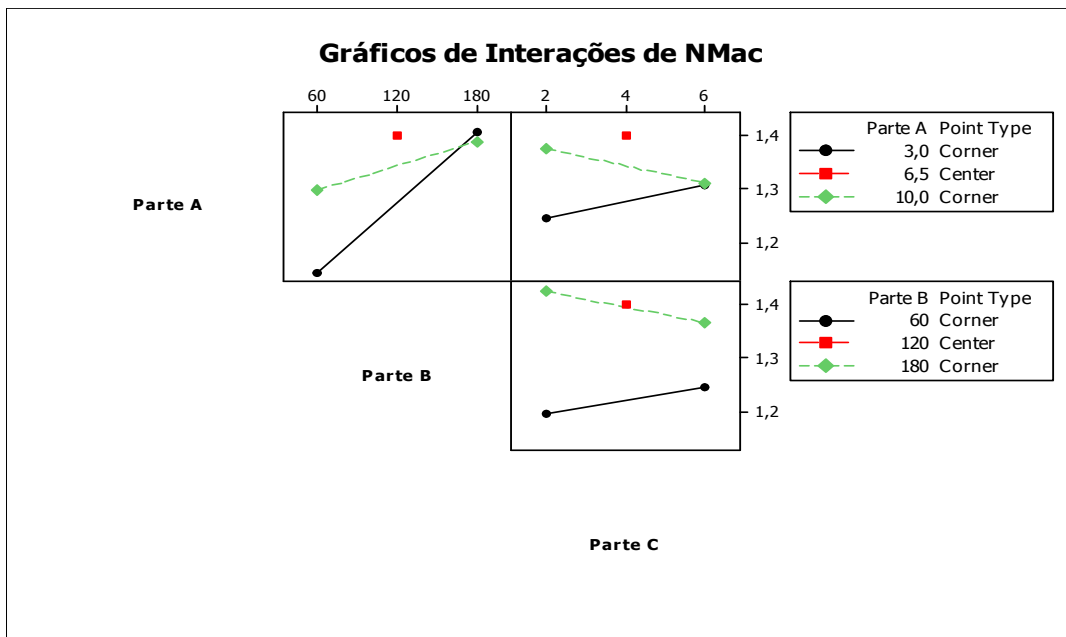


Figura 17 – Interações dos Parâmetros para NMac

A figura 17 mostra que Para qualquer quantidade de parte A, o aumento da parte B provoca a elevação do N_{Mac} . Já a parte C provoca este efeito apenas quando componentes A e B estão com baixa concentração. Isso ocorre porque a parte B provoca geração de espaços vazios no diafragma assim como A que é fibras sem boa condutividade, já C apresenta boa condutividade e, na pratica, demonstra boa condutividade por se tratar de componente predominantemente metálico.

Já na figura 18 demonstra que o aumento da concentração de B em A provoca queda da permeabilidade, e aumento de C sempre provoca elevação de permeabilidade em qualquer condição, ação que não se reflete na prática.

Observa-se também que no ponto central, da interação B e C, há um comportamento diferente do ponto máximo, ou seja, há uma queda da permeabilidade com o aumento da concentração de C, o que reflete na pratica.

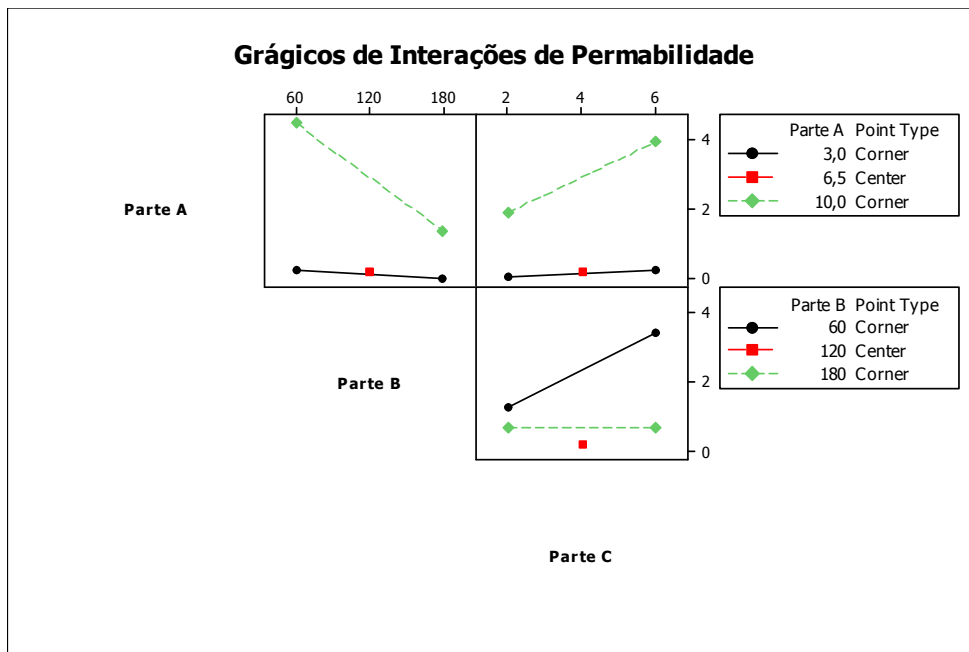


Figura 18 – Interações dos Parâmetros para β

Na figura 19, mostra que o aumento da concentração de qualquer componente provoca o aumento da espessura do diafragma. No entanto, a parte A tem a elevação de espessura mais acentuada comparando com os outros componentes.

Para todas as situações esta tendência reflete a realidade, pois, o aumento da quantidade de material depositado, aumenta conseqüentemente a espessura.

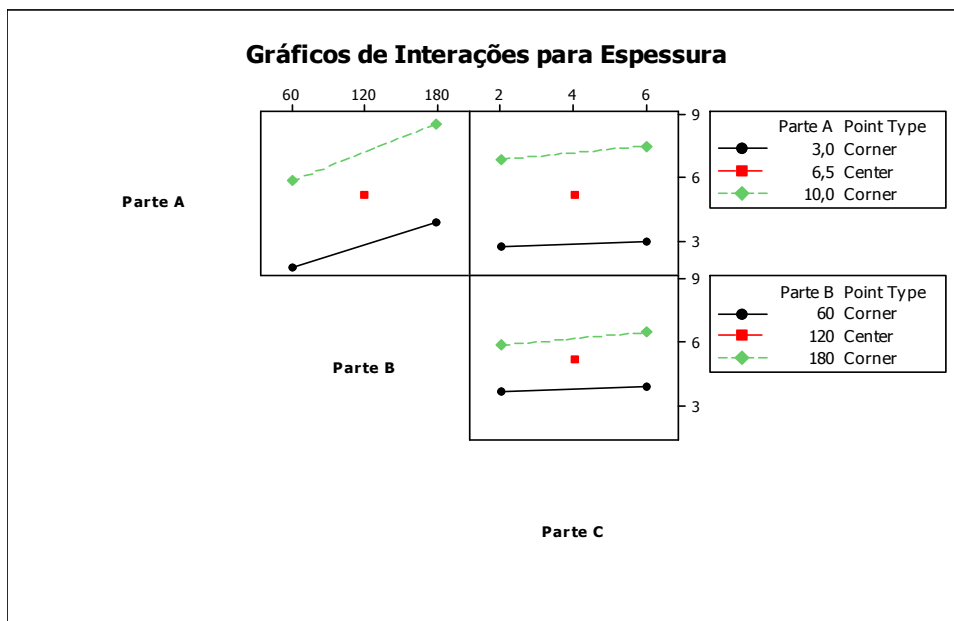


Figura 19 – Interações dos Parâmetros para Espessura

7.2. Modelo Matemático – Estimativas de Coeficientes

Na tabela abaixo esta demonstrada os coeficientes da equação que definem o modelo matemático estatístico, através da correlação de NMac e β como parâmetro de controle.

Parâmetros	Coeficientes	
	NMac	β
Constant	0,819643	-0,19977
Parte A	0,031786	0,022339
Parte B	0,002607	-0,00175
Parte C	0,023393	-0,45785
Parte A*Parte B	-3,57E-05	0,000884
Parte A*Parte C	0,000536	0,194741
Parte B*Parte C	4,17E-05	0,002473
Parte A*Parte B*Parte C	-4,17E-05	-0,00107

Tabela 6 – Coeficientes obtidos para modelo Matemático

Os modelos matemáticos definidos para determinação do NMac e Permeabilidade (β) são:

$$N_{Mac} = 0,819643 + 0,031786 * A + 0,002607 * B + 0,023393 * C - 0,0000357 * A * B + 0,000536 * A * C + 0,0000417 * B * C - 0,0000417 * A * B * C \quad (22)$$

e

$$\beta = -0,19977 + 0,022339 * A - 0,00175 * B - 0,45785 * C + 0,000884 * A * B + 0,194741 * A * C + 0,002473 * B * C - 0,00107 * A * B * C \quad (23)$$

Os coeficientes de correlação para os NMac e β são de 96,7% e 99,9% respectivamente. As figuras abaixo mostram as comparações entre os valores reais e os resultados calculados a partir do modelo desenvolvido.

Os coeficientes A, B e C quando tratados individualmente, provoca aumento do NMac, já a interação de A e B e ainda A,B e C juntos reduzem esta variável.

Já os coeficientes B e C quando tratados individualmente reduzem a permeabilidade, B é composto predominantemente de micro-fibras e C é um solido de pequeno diâmetro.

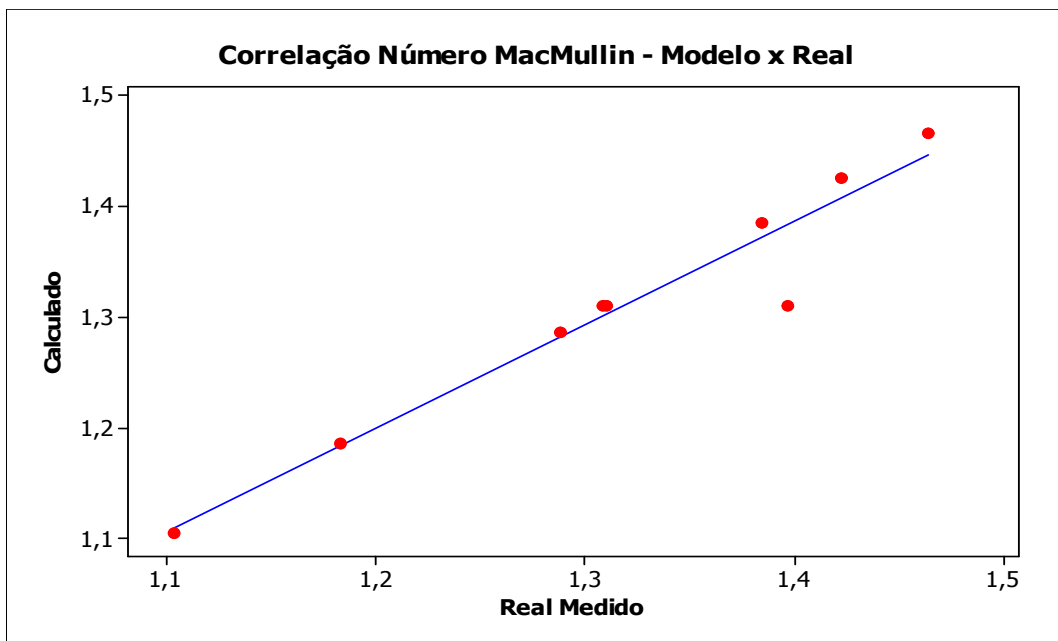


Figura 20 - Comparação do Número de MacMullin Real versus o Calculado pelo modelo

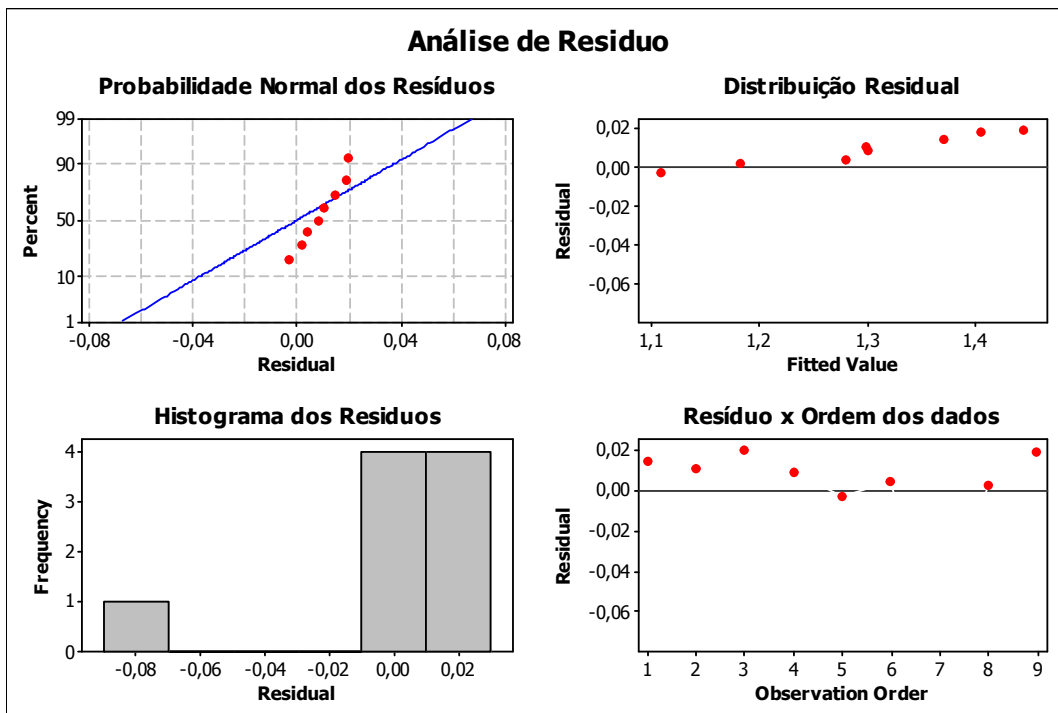


Figura 21 - Análise dos resíduos gerados em cada interação - NMac

As figuras 20 e 21 mostram que os valores calculados destoam do real em aproximadamente +/- 0,6% para o Número de Macmullin.

Os resíduos gerados variam de -0,08 a 0,02 nas interações realizadas no experimento.

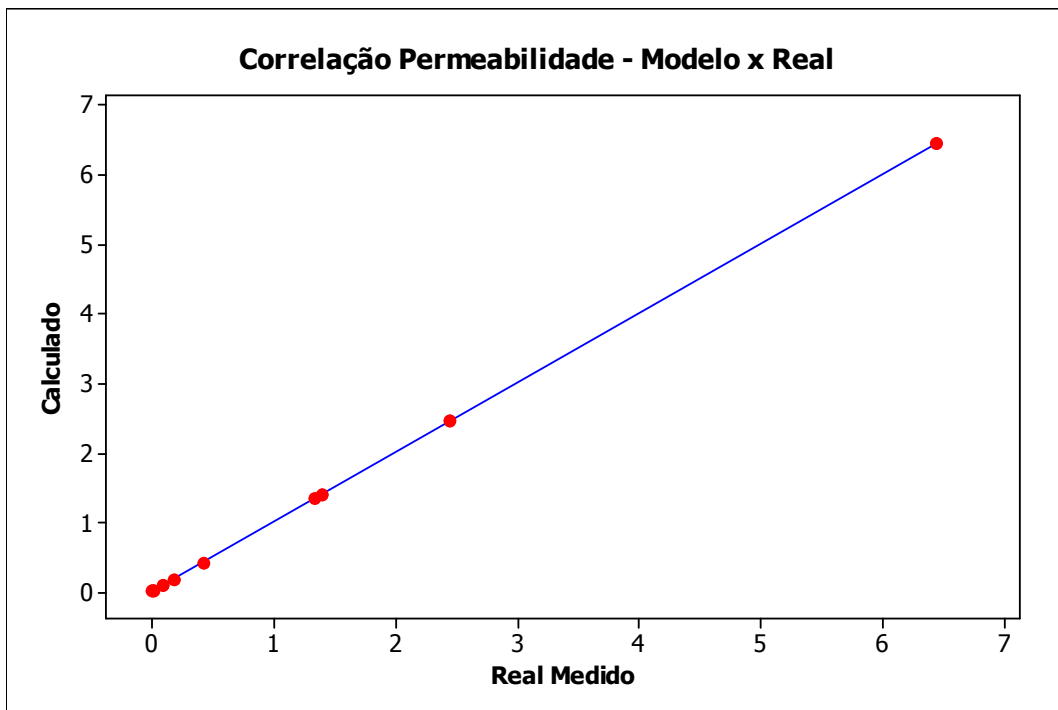


Figura 22 - Comparação da Permeabilidade Real versus o Calculado pelo modelo

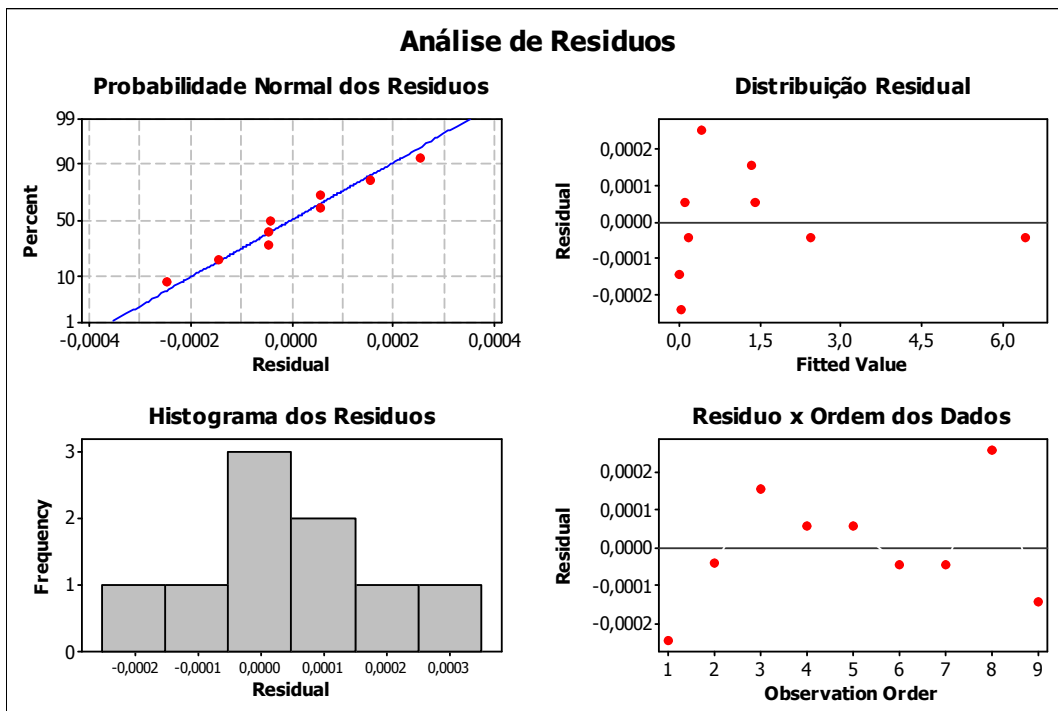


Figura 23 - Análise dos resíduos gerados em cada interação - β

As figuras 22 e 23 mostram que os valores calculados são praticamente iguais ao real, sendo a diferença estatisticamente insignificante.

Os resíduos gerados nas interações são na ordem de 10^{-4} , sendo considerados estatisticamente nulos.

7.3. Utilização do Modelo de Van Zee

Para cálculo de eficiência de concentração de soda vamos alimentar o modelo de Van Zee (1984) com os dados de N_{Mac} e β , calculados a partir de modelo desenvolvido neste trabalho.

O modelo de Van Zee está descrito nas equações 16 e 18 e serão também utilizados os valores de $D_{OH} = 3,05 \times 10^{-5} \text{ cm}^2/\text{seg}$ (REID et AL., 1989), $K_{avg} = 0,5 \text{ ohm}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ (Van Zee, 1984) e $\mu = 0,64 \text{ cp}$ (Handbook of Chlor- Alkali, figura 2, p. 1505). Os resultados estão apresentados nas figuras abaixo.

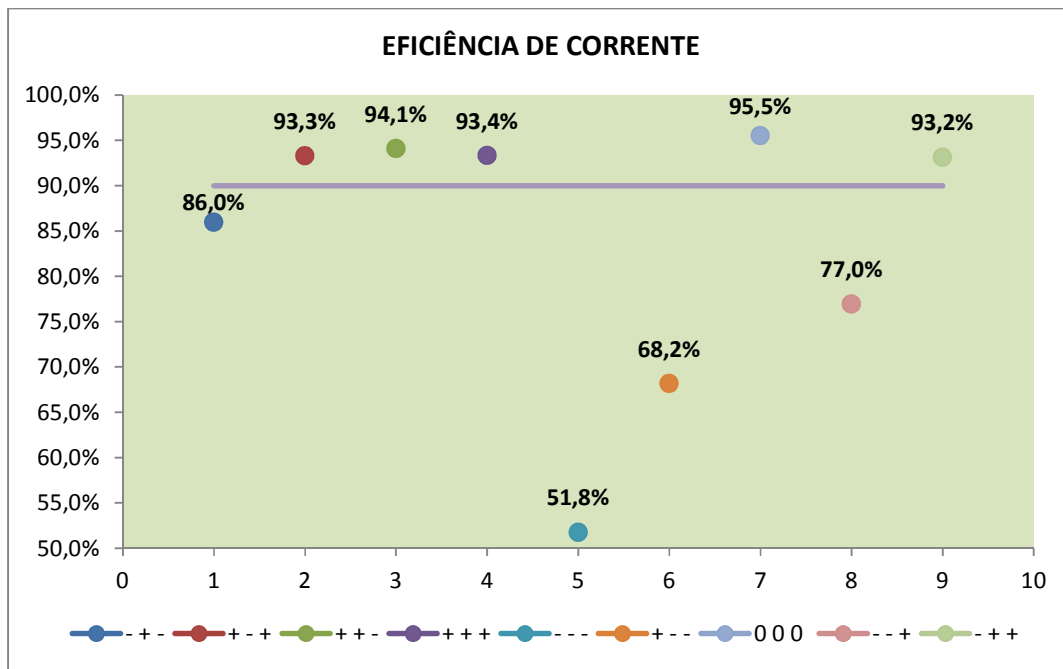


Figura 24 – Resultado de Eficiência de corrente para as interações

A figura 24 mostra que considerando um padrão de eficiência de corrente de 90% (padrão de Células H2A50 na Unidade de Cloro soda Alagoas), tivemos em quatro experimentos uma eficiência menor que este valor, ou seja, os diafragmas preparados a partir das composições 1, 5, 6 e 8 do experimento, conforme tabela 2, não satisfaz a condição operacional desejada.

E possível concluir também que esta queda de eficiência sempre ocorre quando dois dos três parâmetros trabalhados estão no limite inferior, o que consolida que não é possível elaborar um diafragma com dois dos três com concentração reduzida.

Isso ocorre devido, principalmente, a redução brusca na quantidade de massa depositada no diafragma, reduzindo a espessura do diafragma (conforme tabela 3), gerando uma grande aproximação dos eletrodos, formando subproduto, através da atração elétrica da hidroxila pelo anodo da célula.

Com o N_{Mac}, esses ensaios 1, 5, 6 e 8 também proporcionalmente apresentam menores valores, isso pelo fato de estar apresentando baixa resistência, associada também a espessura.

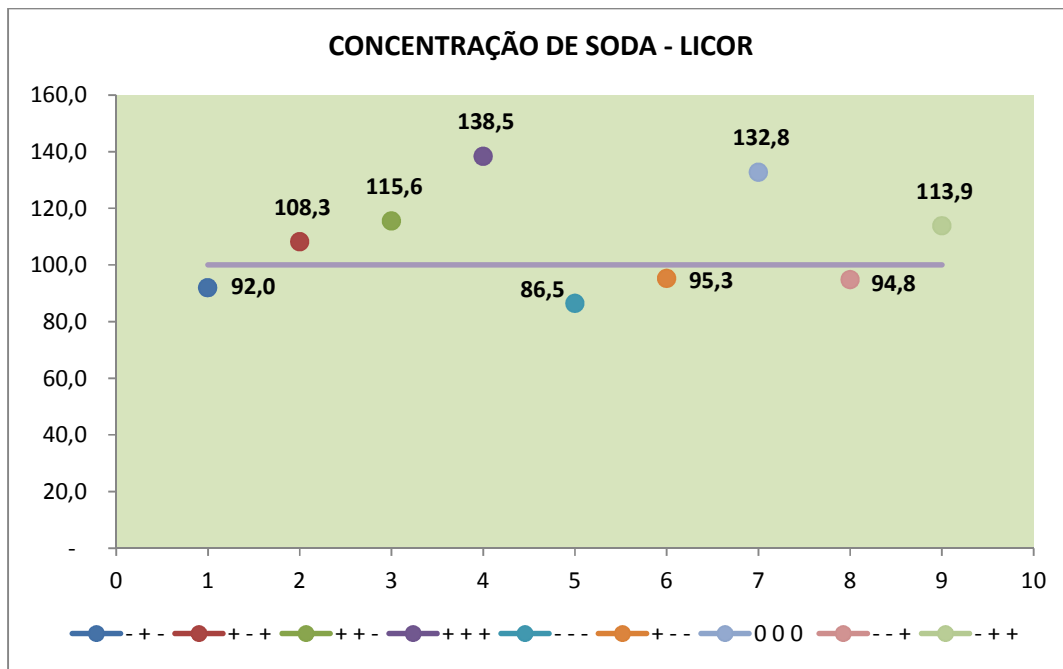


Figura 25 – Resultado de concentração de soda para as interações

A figura 25 mostra que considerando um padrão de concentração de soda de 100 g/l (padrão de Células com diafragma sintético nos primeiros dias de operação), tivemos em quatro experimentos uma concentração menor que este valor, ou seja, os diafragmas preparados a partir das composições 1, 5, 6 e 8 do experimento não satisfaz a condição operacional desejada.

E possível concluir também que esta queda de concentração de soda sempre ocorre quando dois dos três parâmetros trabalhados estão no limite inferior, semelhantemente a eficiência, o que consolida que não é possível elaborar um diafragma com dois dos três com concentração reduzida. Isso devido à queda brusca da quantidade de fibras depositadas no diafragma, aumentando a velocidade de passagem pelo meio e reduzindo tempo de residência.

O tempo de resistência tem uma relação direta com a concentração de soda, pois, quanto maior este tempo, maior a exposição da salmoura a corrente elétrica e a alta temperatura do interior da célula, e por conseqüência maior fervura do meio, evaporando assim a água.

8. **CONCLUSÕES:**

- O modelo matemático proposto representa fielmente os resultados encontrados no experimento.
- O modelo desenvolvido pôde ser utilizado como dados de entrada do modelo de Van Zee (1984) e definiu os principais parâmetros operacionais (Eficiência de corrente e concentração de soda) de forma bastante coerente.
- A queda da eficiência nos experimentos 1, 5, 6 e 8 pode ser explicada pela redução da espessura do diafragma, e conseqüentemente a resistência do meio, aumentando a atração elétrica da hidroxila pelo anodo e conseqüentemente a formação de subproduto, predominantemente o clorato de sódio em concorrência a soda caustica.
- Já a queda na concentração de soda destes experimentos é explicada pelo aumento da velocidade e conseqüentemente redução do tempo de residência da salmoura.
- A redução da concentração de um dos componentes pode ser testada em escala industrial, mas é recomendado apenas um componente por vez, pois, mais de um poderá criar condições indesejáveis na célula.
- As interações dos componentes foram muito importantes para avaliarmos a interferência de cada um deles no conceito fluidodinâmico do diafragma.
- A composição atualmente utilizada foi que melhor se apresentou quanto à eficiência de corrente e concentração de soda, outros experimentos apresentaram resultados satisfatórios.

9. **PERPECTIVAS:**

- Importante repetir o experimento, incluindo outros parâmetros na análise, tais como: peso por metro quadrado do diafragma, viscosidade e vácuo na secagem, no intuito de obter as contribuições destas variáveis na operação da célula.
- Avaliar o comportamento dos diafragmas, preparados neste experimento, na célula eletroquímica instalada no Laboratório de Engenharia Eletroquímica – vinculado a UAEQ da Universidade Federal de Campina Grande, dando mais embasamento aos resultados obtidos a partir do modelo matemático.
- Preparar diafragmas com as mesmas características destes ensaios na Unidade de Cloro soda – obtendo aplicação em escala industrial.

10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABICLOR – Associação Brasileira da Indústria de Álcalis, Cloro e Derivados – *Relatório Anual*. São Paulo, 2014

E.M. ALMEIDA FILHO, E.O. VILAR, A.C.O. FEITOZA, *Physical-chemical characterization and statistical modeling applied in a chlor - alkali diaphragm-cell process*, Chemical Engineering and Design, vol 89, pp. 491-498, 2011

FILHO, Edvaldo M. A.: *Caracterização Físico-Química e Modelagem Estatística de Diafragmas de Células Eletrolíticas Utilizadas para Produção de Cloro-Soda*, Dissertação de mestrado, UFCG, Paraíba, Brasil, 2009.

Gallone, P., *Trattato di Ingegneria Elettrochimica*, Tamburini Edotore, Milano, 1973.

HINE, F., YASUDA, M., e FUGITA, K., *Effects of the brine Impurities on the cell performance of the diaphragm-type Chlor - Alkali Cell*, J. Electrochemical Soc., vol. 128, nº 11, pp. 2314, 1981.

HINE, F., Yasuda, M., e Fujita, K., *Mass transfer Through the deposited asbests diaphragm in chlor -alkali cells*, Electrochimica Acta, vol 22, pp. 429-437, 1977.

JÚNIOR, Roberto N. J. : *Modelagem Matemática de um processo industrial de produção de cloro e soda por eletrólise de salmoura visando sua otimização*, Dissertação de mestrado, USP, São Paulo, Brasil, 2006.

KAUFMANN, Dale W.: *Sodium Chloride – The Production and properties of Salt of Brine*, Reinhold Publishing Corporation, London, 1960

KUBASOV, V.L., *Estimations of the Thickness of the Filtering Diaphragm of Electrolysis Vessels for the Preparation of Chlorine and Alkali*, Translated from Élektrokhimiya, Vol. 12, Nº 1, pp. 76-79, Moscow, 1976.

LOPES, M.D., *A importância das inovações tecnológicas e a indústria de cloro-soda*. Monografia de especialização, GETIQ, São Paulo, 2003.

MACMULLIN, R. B., MUCCINI, G. A., *Characteristics of porous beds and Structures*, A.I.Ch.E. Journal, vol 2, pg 403, USA, 1982.

O'Brien, T. F., Bommaraju, T.V., e Hine, F., *Handbook of Chlor - Alkali Technology*, Springer, New York, USA, 2005.

PERRY, J.H., *Chemical Engineers Handbook*, 3ª Edition, McGraw-Hill Book Company, Inc., New York, 1950.

POUSH, K.A., CALDWELL, D.L., VAN ZEE, J., e WHITE, R.E., *Characterization of Asbestos Diaphragms for Chlor - alkali Electrolysis*, Modern Chlor - Alkali Technology, vol. 2, Edited by C. Jackson. Ellis Horwood Limited, 1983.

PYZDEK, T., KELLER P., – *Seis Sigma Guia do Profissional*– Tradução da terceira edição, Alta books editora, São Paulo, 2011.

Quick Reference Guide 2.0 – Seis Sigma – *Ferramentas e Estatística Básica para melhoria de processos*, Seta consultoria, 2006.

Tephram Diafragms for the Chlor Alkali Industry – PPG Industries, Lake Charles, USA, 2005.

Van Zee, J.W., *Sodium-Hydroxide Production in Diaphragm-Type Electrolyzers*, PH.D. Dissertation, Texas A&M University, 1984.

Van Zee, J.W., White, R.E., e Watson, A.T., *Simple Models for Diaphragm-Type Chlorine/Caustic Cells*, J. Electrochem.Soc., 133 (3), 501, 1986.

White, R.E., Beckerdite, J.S., e Van Zee, J.W., *Electrochemical Cell Design*, R.E.White, Ed., Plenum Press, NY, 1984.

11. ANEXO

Anexo I – Ficha Técnica e de segurança dos Componentes do diafragma: Parte A, parte B e parte C.

FISPQ - Ficha Informações de Segurança de Produto Químico



Data de lançamento : 18 Fevereiro 2011
Versão : 2

Seção 1. Identificação do produto e da empresa

Identificação da substância ou preparação

Nome do produto : Tephram (R) Basecoat Part A-1
Código : 01589
Uso do produto : Aplicações industriais.
Uso da substância/preparação : Não disponível

Empresa/Identificação da empresa

Fabricante : PPG Industries, Inc.
One PPG Place
Pittsburgh, Pennsylvania 15272 USA.

Telefone para emergências : 1-412-434-4515

Informações gerais : 1-800-243-6774 ou 1-724-325-5100 (C/A) 8 a.m. - 5 p.m. Eastern time

Seção 2. Composição e Informações sobre os Ingredientes

Substância/preparado : Preparação

Nome do ingrediente	Número CAS	%	Classificação
Vidro, óxido, substâncias químicas acetato de sódio	65997-17-3 127-09-3	7 - 10 < 5	Não classificado. Xn; R20

Consulte a Seção 16 para obter o texto completo das Frases-R declaradas acima.

Não há nenhum ingrediente adicional presente que, dentro do conhecimento atual do fornecedor e nas concentrações aplicáveis, seja classificado como perigoso para saúde ou para o ambiente e que, conseqüentemente, requeira detalhes nesta seção.

Limites de exposição ocupacional, caso disponíveis, encontram-se indicados na seção 8.

Seção 3. Identificação de perigos

O produto não é classificado como perigoso de acordo com a Diretiva 1999/45/EC e suas emendas.

Classificação : Não classificado.

Riscos Adicionais : O manuseio e/ou processamento deste material pode gerar uma poeira que pode causar irritação mecânica dos olhos, pele, nariz e garganta. Finas nuvens de poeira podem formar misturas explosivas com o ar.

Consulte a Seção 11 para obter mais informações detalhadas sobre os sintomas e efeitos para a saúde.

Seção 4. Medidas de primeiros-socorros

Inalação : Procure ir para o ar livre. Manter a vítima aquecida e em repouso. Se ocorrer falta de respiração, respiração irregular ou parada respiratória, fazer respiração artificial ou fornecer oxigênio por pessoal treinado.

Ingestão : Em caso de ingestão, consultar imediatamente o médico e mostrar-lhe a embalagem ou o rótulo. Manter a vítima aquecida e em repouso. NÃO induzir vômito.

Contato com a pele : Remova roupas e calçados contaminados. Lave a pele cuidadosamente com água e sabão ou utilize um produto de limpeza de pele reconhecido. Não utilize solventes ou diluentes.

Contato com os olhos : Verificar se estão sendo usadas lentes de contato e removê-las. Lavar IMEDIATAMENTE os olhos com água corrente por pelo menos 15 minutos com as pálpebras abertas. Procure imediatamente um médico.

Seção 4. Medidas de primeiros-socorros

Notas para o médico : Tratar sintomaticamente. Contate um especialista em tratamento de veneno se grandes quantidades foram ingeridas ou inaladas.

Consulte a Seção 11 para obter mais informações detalhadas sobre os sintomas e efeitos para a saúde.

Seção 5. Medidas de combate a incêndio

Meios de extinção

- Adequado** : Use pó químico seco.
- Inadequado** : NÃO utilizar jato de água.
- Riscos de exposição especiais** : Finas nuvens de poeira podem formar misturas explosivas com o ar. Escocamento para o esgoto pode gerar perigo de fogo ou explosão.
Isolar prontamente o local removendo todas as pessoas da vizinhança do acidente, se houver fogo. Nenhuma ação deve ser tomada que envolva qualquer risco pessoal ou sem treinamento apropriado. Remover os recipientes da área do incêndio se isso puder ser feito sem risco. Use bomfamento d'água para manter frios os recipientes expostos ao fogo.
- Produtos de combustão perigosos** : Os produtos de decomposição podem incluir os seguintes materiais: at Temperature (°C): 200 a 325: PTFE Monômero
Sólido ceroso,
at Temperature (°C):> 325:
óxidos de carbono
compostos halogenados
óxidos/óxidos metálicos
- Equipamento de proteção especial para bombeiros** : Os bombeiros devem usar equipamentos de proteção adequados e usar um aparelho respiratório autônomo (SCBA) com uma máscara completa operado em modo de pressão positiva. Roupas de bombeiros (incluindo capacetes, botas protetoras e luvas), conforme os padrões europeus EM 469, proporcionarão um nível básico de proteção em caso de incidentes químicos.

Seção 6. Medidas de controle para derramamento ou vazamento

- Precauções pessoais** : Nenhuma ação deve ser tomada que envolva qualquer risco pessoal ou sem treinamento apropriado. Evacuar áreas vizinhas. Não deixar entrar pessoas desnecessárias ou desprotegidas. NÃO tocar ou caminhar sobre material derramado. Desligue todas as fontes de ignição. Nenhuma chama, fumaça ou chamas na área de perigo. Evite respirar a poeira. Utilizar equipamento de proteção pessoal adequado (consulte a Seção 8).
- Precauções ao meio ambiente** : Evite a dispersão do produto derramado e do escoamento em contato com o solo, cursos de água, fossas e esgoto. Informe as autoridades pertinentes caso o produto tenha causado poluição ambiental (esgotos, vias fluviais, terra ou ar).
- Grande derramamento** : Mover recipientes da área de derramamento. Liberação a favor do vento. Previna a entrada em esgotos, cursos de água, porões ou áreas confinadas. Aspirar ou varrer o material e colocá-lo em um recipiente de descarte designado e rotulado. Evite criar condições de poeira e evite dispersão pelo vento. Use ferramentas à prova de faísca e equipamento à prova de explosão. Descarte através de uma firma autorizada no controle do lixo. Obs.: Consulte a seção 1 para obter informações sobre os contatos de emergência e a seção 13 sobre o descarte de resíduos.
- Pequenos derramamentos** : Mover recipientes da área de derramamento. Aspirar ou varrer o material e colocá-lo em um recipiente de descarte designado e rotulado. Use ferramentas à prova de faísca e equipamento à prova de explosão. Descarte através de uma firma autorizada no controle do lixo.

Seção 7. Manuseio e armazenamento

Manuseio	: Utilizar equipamento de proteção pessoal adequado (consulte a Seção 8). Manusear apenas com ventilação adequada. Utilizar máscara adequada quando a ventilação for inadequada. O equipamento eléctrico e a iluminação devem ser protegidos de forma adequada para evitar o contacto de poeiras com as superfícies quentes, faíscas ou outras fontes de ignição. Comer, beber e fumar deve ser proibido na área onde o material é manuseado, armazenado e processado. Os funcionários devem lavar as mãos e o rosto antes de comer, beber ou fumar. Não ingerir. Evitar contato com os olhos, pele e roupas. Evite respirar a poeira. Enquanto estiver manuseado evite a formação de pó e todas as fontes possíveis de ignição (falsa ou chama). Mantenha no recipiente original, ou em um alternativo aprovado feito com material compatível, herméticamente fechado quando não estiver em uso. Recipientes vazios retêm resíduo do produto e podem ser perigosos. Não reutilizar o recipiente.
Armazenamento	: Armazenar de acordo com a legislação local. Armazenar em uma área aprovada e isolada. Armazene no recipiente original protegido da luz do sol, em área seca, fria e bem ventilada, distante de materiais incompatíveis (veja seção 10) e alimentos e bebidas. Eliminar todas as fontes de ignição. Separar dos metais oxidantes. Manter o recipiente bem fechado e vedado até que esteja pronto para uso. Os recipientes que forem abertos devem ser selados cuidadosamente e mantidos em posição vertical para evitar vazamentos. Não armazene em recipientes sem rótulos. Utilizar um recipiente adequado para evitar a contaminação do ambiente.
Materials de embalagem	
Recomendado	: Mantenha no recipiente original, ou em um alternativo aprovado feito com material compatível, herméticamente fechado quando não estiver em uso.

Seção 8 . Controle de exposição e proteção individual

Valores de limite de exposição

Nome do ingrediente

Vidro, óxido, substâncias químicas

Limites de exposição ocupacional

ACGIH TLV (Estados Unidos).

TWA: 1 floc Formulário: Fibras de vidro de filamento contínuo
TWA: 5 mg/m³, (Inalável) Formulário: Fibras de vidro de filamento contínuo

TWA: 3 MG/M3 Formulário: Respirable

TWA: 10 MG/M3 Formulário: Total dust

ACGIH TLV (Estados Unidos, 2/2010).

TWA: 1 floc 8 hora(s). Formulário: Fibras de vidro de filamento contínuo

TWA: 5 mg/m³ 8 hora(s). Formulário: Inhalable fraction. See Appendix C, paragraph A. Inhalable Particulate Mass TLVs (IPM-TLVs) for those materials that are hazardous when deposited anywhere in the respiratory tract.

Procedimentos de vigilância recomendados

: Se este produto contiver ingredientes com limites de exposição, pode ser requerido o monitoramento biológico ou da atmosfera do local de trabalho e do pessoal, para determinar a efetividade da ventilação ou outras medidas de controle e/ou a necessidade de usar equipamento de proteção respiratória.

Controles de exposição

Controles de exposição ocupacional

: Manusear apenas com ventilação adequada. Utilize processos fechados, ventilação local ou outro controle de engenharia para manter os níveis de exposição dos trabalhadores abaixo dos limites de exposição recomendados. Utilizar equipamento à prova de explosões.

Medidas higiênicas

: Lave muito bem as mãos, antebraços e rosto após manusear os produtos químicos, antes de usar o lavatório, comer, fumar e ao término do período de trabalho. Técnicas apropriadas podem ser usada para remover roupas contaminadas. Lavar as vestimentas contaminadas antes de reutilizá-las. Assegurar que os locais de lavagem de olhos e os chuveiros de segurança estão próximos dos locais de trabalho.

Seção 8 . Controle de exposição e proteção individual

Proteção respiratória	: Se os trabalhadores forem expostos a concentrações acima do limite de exposição, devem utilizar aparelhos filtrantes das vias respiratórias certificados apropriados. Use uma proteção respiratória devidamente ajustada com o fornecimento de ar , ou um purificador de ar que obedeça um padrão de aprovação quando a taxa de risco indicar que isto é necessário. Seleção do respirador deve ter como base os níveis de exposição conhecidos ou antecipados, os perigos do produto e os limites de trabalho seguro do respirador selecionado.
Proteção para as mãos	: Luvas resistentes à produtos químicos, impermeáveis que obedecem um padrão aprovado, devem ser usadas todo tempo enquanto produtos químicos estiverem sendo manuseados se a determinação da taxa de risco indicar que isto é necessário.
Luvas	: Não disponível.
Proteção para os olhos	: Óculos de segurança com proteções laterais.
Proteção da pele	: O equipamento de proteção pessoal para o corpo deveria ser selecionado de acordo com a tarefa executada e os riscos envolvidos e antes da manipulação do produto um especialista deveria aprovar.
Controle de exposição ambiental	: As emissões dos equipamentos de ventilação ou de processo de trabalho devem ser verificadas para garantir que atendem aos requisitos da legislação sobre a proteção do meio ambiente. Em alguns casos, purificadores de gases, filtros ou modificações de engenharia nos equipamentos do processo podem necessários para reduzir as emissões à níveis aceitáveis.

Seção 9 . Propriedades físicas e químicas

Estado físico	: Sólido.
Cor	: Mistura (Marrom. e Branco.)
Odor	: Sem cheiro.
pH	: 6,5 a 7
Ponto de fulgor	: Taça fechada: Não é aplicável.
Limites de explosão	: 10 g/m ³
Gravidade específica	: Não disponível.
Água Solubilidade a temperatura ambiente	: 25,9 g/l

Seção 10. Estabilidade e reatividade

Estabilidade	: Estável nas condições de armazenamento e manipulação recomendadas (consulte a seção 7).
Condições a serem evitadas	: Enquanto estiver manuseado evite a formação de pó e todas as fontes possíveis de ignição (falsa ou chama). Evite acúmulo de poeira. ****TO BE TRANSLATED***
Materiais a evitar	: Reativo ou incompatível com os seguintes materiais: materiais oxidantes substâncias ácidas fortes substâncias alcalinas fortes
Produtos perigosos da decomposição	: Sob condições normais de armazenamento e uso não devem se formar produtos de decomposição perigosa.
Polymerização Perigosa	: Sob de condições normais de armazenamento e uso, polimerização perigosa não ocorrerá.

Seção 11. Informações toxicológicas

Efeitos Agudos em Potencial na Saúde

Inalação	: Exposição a concentrações de ar acima dos limites legais ou dos limites de exposição recomendados pode causar irritação ao nariz, garganta e pulmões.
Ingestão	: Não apresentou efeitos significativos ou riscos críticos.
Contato com a pele	: Não apresentou efeitos significativos ou riscos críticos.
Contato com os olhos	: Exposição a concentrações de ar acima dos limites legais ou dos limites de exposição recomendados pode causar irritação aos olhos.

Seção 11. Informações toxicológicas

Efeitos Crônicos em Potencial na Saúde

Sinais/sintomas de exposição excessiva

- Inalação** : Sintomas adversos podem incluir os seguintes:
irritação do trato respiratório
tosse
- Ingestão** : Não há dados específicos.
- Pele** : Não há dados específicos.
- Olhos** : Sintomas adversos podem incluir os seguintes:
irritação
vermelhidão

- Órgãos atingidos** : Contém material que causa danos aos seguintes órgãos: via respiratória superior.
Contém material que pode causar danos aos seguintes órgãos: pele, olhos.

Seção 12. Informações ecológicas

- Efeitos no Meio Ambiente** : Não apresentou efeitos significativos ou riscos críticos.
- Outros efeitos adversos** : Não apresentou efeitos significativos ou riscos críticos.

Seção 13. Considerações sobre tratamento e disposição

- Métodos de eliminação** : A geração de lixo deve ser evitada ou minimizada onde quer que seja. Descarte o excesso de produtos não recicláveis através de uma firma autorizada no controle do lixo. A eliminação deste produto, soluções e qualquer subproduto deveriam obedecer as exigências de proteção ambiental bem como uma legislação para a eliminação de resíduos segundo as exigências das autoridades regionais do local. O pacote de resíduos deve ser reciclado. A incineração ou o aterro somente deverão ser considerados quando a reciclagem não for viável. Não se desfazer deste produto e do seu recipiente sem tomar as precauções de segurança devidas. Recipientes vazios ou revestimentos podem reter alguns resíduos do produto. Evite a dispersão do produto derramado e do escoamento em contato com o solo, cursos de água, fossas e esgoto.

O descarte deve ser feito de acordo com as leis e regulamentações regionais, nacionais e locais.

Consulte a Seção 7: MANUSEIO E ARMAZENAMENTO, e a Seção 8: CONTROLE DE EXPOSIÇÃO E PROTEÇÃO INDIVIDUAL para obter informações adicionais sobre manuseio e proteção dos funcionários. Seção 6. Medidas de controle para derramamento ou vazamento

Seção 14. Informações sobre transporte

Regulamentação	Número ONU	Nome de expedição adequado	Classes	PG*	Informações adicionais
UN	Não há.	Não regulado.	Não há.	-	-
IMDG	Não há.	Não regulado.	Não há.	-	-
IATA	Não há.	Não regulado.	Não há.	-	-

PG* : Grupo de embalagem

Seção 15. Regulamentações

A classificação e a rotulagem foram determinadas de acordo com as leis da EU (União Européia) 67/548/EEC e 1999/45/EC (incluindo adendos) e levam em consideração o uso pretendido do produto.

- Frases relativas ao risco** : Not applicable.

Seção 16. Outras informações

O texto completo das expressões R é referido nas Seções 2 e 3 - Europa : R20- Nocivo por inalação.

Texto completo referente às classificações nas Seções 2 e 3 - Europa : Xn - Nocivo

Passado histórico

Data de lançamento : 2/18/2011.

Versão : 2

Organização que preparou o MSDS : EHS

Indica as informações que foram alteradas em relação à versão anterior.

Observações

As informações contidas nesta ficha técnica são baseadas nos atuais conhecimentos científicos e técnicos. A finalidade destas informações é chamar a atenção para os aspectos de higiene e segurança no que concerne os produtos fornecidos pela PPG e para recomendar medidas de precaução para estocagem e manuseio de produtos. Nenhuma garantia é dada em respeito às propriedades dos produtos. Nenhuma ação judicial pode ser aceita por qualquer falha por ter sido observadas as medidas de precaução descritas nesta folha de informações ou por qualquer erro de uso deste produto.

FISPQ - Ficha Informações de Segurança de Produto Químico



Data de lançamento : 11 Agosto 2010
Versão : 1

Seção 1. Identificação do produto e da empresa

Identificação da substância ou preparação

Nome do produto : Tephram (R) Basecoat Part B-1
Código : 01590
Uso do produto : Aplicações industriais.
Uso da substância/preparação : Aditivo

Empresa/Identificação da empresa

Fabricante : PPG Industries, Inc.
One PPG Place
Pittsburgh, Pennsylvania 15272 USA
Telefone de emergência : 1 - 412-434-4515 (U.S.)
Informações gerais : 1-800-243-6774 C/A 8 a.m. - 5 p.m. Eastern time

Seção 2. Composição e Informações sobre os Ingredientes

Substância/preparação : Preparação

Nome do ingrediente	Número CAS	%	Classificação
propen-1-ol	71-23-8	1 - 2	F; R11 Xi; R41 R67
Consulte a Seção 16 para obter o texto completo das Frases-R declaradas acima			

Não há nenhum ingrediente adicional presente que, dentro do conhecimento atual do fornecedor e nas concentrações aplicáveis, seja classificado como perigoso para saúde ou para o ambiente e que, conseqüentemente, requeira detalhes nesta seção.

Limites de exposição ocupacional, caso disponíveis, encontram-se indicados na seção 8.

Seção 3. Identificação dos perigos

O produto não é classificado como perigoso de acordo com a Diretiva 1999/45/EC e suas emendas.

Classificação : Não classificado.

Consulte a Seção 11 para obter mais informações detalhadas sobre os sintomas e efeitos para a saúde.

Seção 4. Medidas de Primeiros Socorros

- Inalação** : Procure ir para o ar livre. Manter a vítima aquecida e em repouso. Se ocorrer falta de respiração, respiração irregular ou parada respiratória, fazer respiração artificial ou fornecer oxigênio por pessoal treinado.
- Ingestão** : Em caso de ingestão, consultar imediatamente o médico e mostrar-lhe a embalagem ou o rótulo. Manter a vítima aquecida e em repouso. NÃO induzir vômito.
- Contato com a pele** : Remova roupas e calçados contaminados. Lave a pele cuidadosamente com água e sabão ou utilize um produto de limpeza de pele reconhecido. Não utilize solventes ou diluentes.
- Contacto com os olhos** : Verificar se estão sendo usadas lentes de contato e removê-las. Lavar IMEDIATAMENTE os olhos com água corrente por pelo menos 15 minutos com as pálpebras abertas.

Brasil

1/6



Seção 4. Medidas de Primeiros Socorros

Observações ao médico : Sem tratamento específico. Tratar sintomaticamente. Contate um especialista em tratamento de veneno se grandes quantidades foram ingeridas ou inaladas.

Consulte a Seção 11 para obter mais informações detalhadas sobre os sintomas e efeitos para a saúde.

Seção 5. Medidas de combate a incêndios

Meios de extinção

Adequado : Usar um agente extintor adequado para o fogo das áreas em redor.

Inadequado : Nenhum. Conhecido.

Riscos de exposição especiais : Em situação de incêndio ou caso seja aquecido, um aumento de pressão ocorrerá e o recipiente poderá estourar.
Isolar prontamente o local removendo todas as pessoas da vizinhança do acidente, se houver fogo. Nenhuma ação deve ser tomada que envolva qualquer risco pessoal ou sem treinamento apropriado.

Produtos de combustão perigosos : Os produtos de decomposição podem incluir os seguintes materiais:
óxidos de carbono
compostos halogenados

Equipamento de proteção especial para bombeiros : Os bombeiros devem usar equipamentos de proteção adequados e usar um aparelho respiratório autônomo (SCBA) com uma máscara completa operado em modo de pressão positiva.

Seção 6. Medidas de controle para derramamento ou vazamento

Precauções pessoais : Nenhuma ação deve ser tomada que envolva qualquer risco pessoal ou sem treinamento apropriado. Evacuar áreas vizinhas. Não debar entrar pessoas desnecessárias ou desprotegidas. NÃO tocar ou caminhar sobre material derramado. Utilizar equipamento de proteção pessoal adequado (consulte a Seção 8).

Precauções ambientais : Evite a dispersão do produto derramado e do escoamento em contato com o solo, cursos de água, fossas e esgoto. Informe as autoridades pertinentes caso o produto tenha causado poluição ambiental (esgotos, vias fluviais, terra ou ar).

Grande derramamento : Interromper o vazamento se não houver riscos. Mover recipientes da área de derramamento. Liberação a favor do vento. Prevína a entrada em esgotos, cursos de água, porões ou áreas confinadas. Lave e conduza a quantidade derramada para uma planta de tratamento de efluentes ou proceda da seguinte forma. Os derramamentos devem ser recolhidos por meio de materiais absorventes não combustíveis, como por exemplo areia, terra, vermiculite ou terra diatomáceas, e colocados no contentor para eliminação de acordo com a legislação local (consulte a seção 3). Descarte através de uma firma autorizada no controle do lixo. O material absorvente contaminado pode causar o mesmo perigo que o produto derramado.
Obs.: Consulte a seção 1 para obter informações sobre os contatos de emergência e a seção 13 sobre o descarte de resíduos.

Pequenos derramamentos : Interromper o vazamento se não houver riscos. Mover recipientes da área de derramamento. Se for solúvel em água, dilua com água e seque, ou absorva com um material inerte seco e coloque em um recipiente adequado para a eliminação de resíduos. Descarte através de uma firma autorizada no controle do lixo.

Seção 7. Manuseio e Armazenamento

Manuseio : Utilizar equipamento de proteção pessoal adequado (consulte a Seção 8). Comer, beber e fumar deve ser proibido na área onde o material é manuseado, armazenado e processado. Os funcionários devem lavar as mãos e o rosto antes de comer, beber ou fumar. Não ingerir. Evitar contato com os olhos, pele e roupas. Evitar inspirar vapor ou fumos. Mantenha no recipiente original, ou em um alternativo aprovado feito com material compatível, herméticamente fechado quando não estiver em uso. Recipientes vazios retêm resíduo do produto e podem ser perigosos. Não reutilizar o recipiente.

Seção 7. Manuseio e Armazenamento

Armazenamento	: Armazenar de acordo com a legislação local. Armazene no recipiente original protegido da luz do sol, em área seca, fria e bem ventilada, distante de materiais incompatíveis (veja seção 10) e alimentos e bebidas. Não armazene abaixo da seguinte temperatura: 32F / 0C. Manter o recipiente bem fechado e vedado até que esteja pronto para uso. Os recipientes que forem abertos devem ser selados cuidadosamente e mantidos em posição vertical para evitar vazamentos. Não armazene em recipientes sem rótulos. Utilizar um recipiente adequado para evitar a contaminação do ambiente.
Recomendado	: Mantenha no recipiente original, ou em um alternativo aprovado feito com material compatível, hermeticamente fechado quando não estiver em uso.

Seção 8 . Controle de exposição/proteção individual

Valores de limite de exposição

<u>Nome do ingrediente</u>	<u>Limites de exposição profissional</u>
Álcool n-propílico	Ministry of Work and Labour (Brasil, 11/2001). Absorvido pela pele. LT: 390 mg/m ³ 8 hora(s). LT: 156 ppm 8 hora(s).

Procedimentos de vigilância recomendados	: Se este produto contiver ingredientes com limites de exposição, pode ser requerido o monitoramento biológico ou da atmosfera do local de trabalho e do pessoal, para determinar a efetividade da ventilação ou outras medidas de controle e/ou a necessidade de usar equipamento de proteção respiratória.
---	--

Controles de exposição

Controles de exposição ocupacional	: Forneça ventilação adequada. Sempre que possível, esta situação deve ser alcançada através da utilização de ventilação exaustora local e boa extração geral do ar. Deve ser utilizado equipamento de proteção das vias respiratórias, com entrada de ar, por quem projecta, mesmo em presença de boa ventilação. Em quaisquer outras operações, se a ventilação de exaustão local e a boa extração geral não forem suficientes para manter as concentrações de partículas e vapores de solventes abaixo do limite de exposição profissional, deve ser utilizada proteção das vias respiratórias adequada. (Consultar Proteção individual.)
---	--

Medidas higiénicas	: Lave muito bem as mãos, antebraços e rosto após manusear os produtos químicos, antes de usar o lavatório, comer, fumar e ao término do período de trabalho. Técnicas apropriadas podem ser usada para remover roupas contaminadas. Lavar as vestimentas contaminadas antes de reutilizá-las. Assegurar que os locais de lavagem de olhos e os chuveiros de segurança estão próximos dos locais de trabalho.
---------------------------	---

Proteção respiratória	: Com outras actividades que não a projecção: Em áreas bem ventiladas, os aparelhos de proteção das vias respiratórias com entrada de ar podem ser substituídos por uma combinação entre um aparelho filtrante de carvão e uma máscara com aparelho filtrante de partículas. Seleção do respirador deve ter como base os níveis de exposição conhecidos ou antecipados, os perigos do produto e os limites de trabalho seguro do respirador selecionado. Ao projectar: equipamento de proteção respiratória com entrada de ar.
------------------------------	--

Proteção para as mãos	: Luvas resistentes à produtos químicos, impermeáveis que obedecem um padrão aprovado, devem ser usadas todo tempo enquanto produtos químicos estiverem sendo manuseados se a determinação da taxa de risco indicar que isto é necessário.
------------------------------	--

Luvas	: Não disponível.
--------------	-------------------

Proteção para os olhos	: Óculos de segurança com proteções laterais.
-------------------------------	---

Proteção para a pele	: O equipamento de proteção pessoal para o corpo deveria ser selecionado de acordo com a tarefa executada e os riscos envolvidos e antes da manipulação do produto um especialista deveria aprovar.
-----------------------------	---

Seção 8 . Controle de exposição/proteção individual

Controle de exposição ambiental : As emissões dos equipamentos de ventilação ou de processo de trabalho devem ser verificadas para garantir que atendem aos requisitos da legislação sobre a proteção do meio ambiente. Em alguns casos, purificadores de gases, filtros ou modificações de engenharia nos equipamentos do processo podem necessários para reduzir as emissões à níveis aceitáveis.

Seção 9 . Propriedades físico-químicas

Estado físico : Líquido.
Cor : Branco.
Odor : Semelhante a álcool. [Leve]
pH : 8 a 10
Ponto de ebulição : 100°C (212°F)
Ponto de ignição : Taça fechada: Não é aplicável.
Limites de explosão : Não é aplicável.
Pressão do vapor : 0,05 kPa (0,4 mm Hg) (a 20°C)
Gravidade específica : 1,06
Solubilidade : Insolúvel nos seguintes materiais: água fria.
Densidade do vapor : Máximo valor conhecido: 2,1 (Ar = 1) (Álcool n-propílico).

Seção 10. Estabilidade e Reatividade

Estabilidade : Estável nas condições de armazenamento e manipulação recomendadas (consulte a seção 7).
Condições a evitar : Não há dados específicos.
Materiais a evitar : Não há dados específicos.
Produtos de decomposição perigosa : Sob condições normais de armazenamento e uso não devem se formar produtos de decomposição perigosa.
Poimerização Perigosa : Sob de condições normais de armazenamento e uso, polimerização perigosa não ocorrerá.

Seção 11. Informações Toxicológicas

Efeitos Agudos em Potencial na Saúde

Inalação : Não apresentou efeitos significativos ou riscos críticos.
Ingestão : Não apresentou efeitos significativos ou riscos críticos.
Contato com a pele : Não apresentou efeitos significativos ou riscos críticos.
Contacto com os olhos : Não apresentou efeitos significativos ou riscos críticos.

Efeitos Crônicos em Potencial na Saúde

Sinais/sintomas de exposição excessiva

Inalação : Não há dados específicos.
Ingestão : Não há dados específicos.
Pele : Não há dados específicos.
Olhos : Não há dados específicos.

A inalação de concentrações de vapor/aerossol acima dos limites recomendados de exposição causa dores de cabeça, tórpor e náuseas, e pode levar a um estado de inconsciência ou mesmo à morte. A inalação de altas concentrações de vapor pode afetar o sistema nervoso central.

Órgãos atingidos

: Contém material que causa danos aos seguintes órgãos: cérebro.
Contém material que pode causar danos aos seguintes órgãos: trato gastrointestinal, via respiratória superior, pele, olhos, Sistema Nervoso Central (SNC).

Seção 12. Informações Ecológicas

Efeitos no Meio Ambiente : Não apresentou efeitos significativos ou riscos críticos.
Outros efeitos colaterais : Não apresentou efeitos significativos ou riscos críticos.

Seção 13. Considerações sobre tratamento e disposição

Métodos de eliminação : A geração de lixo deveria ser evitada ou minimizada onde quer que seja. Recipientes vazios ou revestimentos podem reter alguns resíduos do produto. Não se desfazer deste produto e do seu recipiente sem tomar as precauções de segurança devidas. Descarte o excesso de produtos não recicláveis através de uma firma autorizada no controle do lixo. A eliminação deste produto, soluções e qualquer subproduto deveriam obedecer as exigências de proteção ambiental bem como uma legislação para a eliminação de resíduos segundo as exigências das autoridades regionais do local. Evite a dispersão do produto derramado e do escoamento em contato com o solo, cursos de água, fossas e esgoto.

O descarte deve ser feito de acordo com as leis e regulamentações regionais, nacionais e locais.

Consulte a Seção 7: MANUSEIO E ARMAZENAMENTO, e a Seção 8: CONTROLE DE EXPOSIÇÃO E PROTEÇÃO INDIVIDUAL para obter informações adicionais sobre manuseio e proteção dos funcionários. Seção 6. Medidas de controle para derramamento ou vazamento

Seção 14. Informações sobre Transporte

Regulamentação	Número UN	Nome de expedição adequado	Classes	PG*	Informações adicionais
UN	Não há.	Not regulated.	Não há.	-	-
IMDG	Não há.	Not regulated.	Não há.	-	-
IATA	Não há.	Not regulated.	Não há.	-	-

PG* : Grupo de embalagem

Seção 15. Regulamentações

A classificação e a rotulagem foram determinadas de acordo com as leis da EU (União Européia) 67/548/EEC e 1999/45/EC (Incluindo adendos) e levam em consideração o uso pretendido do produto.

Frases relativas ao risco : Esse produto não está classificado de acordo com a legislação da UE.

Seção 16. Outras Informações

O texto completo das expressões R é referido nas Seções 2 e 3 - Europa : R11- Facilmente inflamável.
R41- Risco de graves lesões oculares.
R67- Pode provocar sonolência e vertigens, por inalação dos vapores.

Texto completo referente às classificações nas Seções 2 e 3 - Europa : F - Facilmente inflamável
Xi - Irritante

Passado histórico

Data de lançamento : 8/11/2010.
Versão : 1
Organização que preparou o MSDS : EHS

Indica as informações que foram alteradas em relação à versão anterior.

Observações

Seção 16. Outras Informações

As informações contidas nesta ficha técnica são baseadas nos atuais conhecimentos científicos e técnicos. A finalidade destas informações é chamar a atenção para os aspectos de higiene e segurança no que concerne os produtos fornecidos pela PPG e para recomendar medidas de precaução para estocagem e manuseio de produtos. Nenhuma garantia é dada em respeito às propriedades dos produtos. Nenhuma ação judicial pode ser acesa por qualquer falha por ter sido observadas as medidas de precaução descritas nesta folha de informações ou por qualquer erro de uso deste produto.

FISPQ - Ficha Informações de Segurança de Produto Químico



Data de lançamento : 11 Agosto 2010
Versão : 1

Seção 1. Identificação do produto e da empresa

Identificação da substância ou preparação

Nome do produto : Tephram (R) Topcoat Part C-1
Código : 01591
Uso do produto : Aplicações industriais.
Uso da substância/preparação : Aditivo

Empresal/Identificação da empresa

Fabricante : PPG Industries, Inc.
One PPG Place
Pittsburgh, Pennsylvania 15272 USA
Telefone de emergência : 1 - 412-434-4515 (US)
Informações gerais : 1 - 800-243-6774 (C/A) 8 a.m. - 5 p.m. Eastern time

Seção 2. Composição e Informações sobre os Ingredientes

Substância/preparação : Preparação

Nome do ingrediente	Número CAS	%	Classificação
dióxido de zircônio	1314-23-4	50 - 100	Não classificado.
quartzo (SiO ₂) (>10 microns)	14808-60-7	1 - 2	Não classificado.
dióxido de hafnio	12055-23-1	1 - 2	Não classificado.

Consulte a Seção 16 para obter o texto completo das Frases-R declaradas acima

Não há nenhum ingrediente adicional presente que, dentro do conhecimento atual do fornecedor e nas concentrações aplicáveis, seja classificado como perigoso para saúde ou para o ambiente e que, consequentemente, requeira detalhes nesta seção.

Limites de exposição ocupacional, caso disponíveis, encontram-se indicados na seção 8.

Seção 3. Identificação dos perigos

O produto não é classificado como perigoso de acordo com a Diretiva 1999/45/EC e suas emendas.

Classificação : Não classificado.

Consulte a Seção 11 para obter mais informações detalhadas sobre os sintomas e efeitos para a saúde.

Seção 4. Medidas de Primeiros Socorros

Inalação : Procure ir para o ar livre. Manter a vítima aquecida e em repouso. Se ocorrer falta de respiração, respiração irregular ou parada respiratória, fazer respiração artificial ou fornecer oxigênio por pessoal treinado.

Ingestão : Em caso de ingestão, consultar imediatamente o médico e mostrar-lhe a embalagem ou o rótulo. Manter a vítima aquecida e em repouso. NÃO induzir vômito.

Contato com a pele : Remova roupas e calçados contaminados. Lave a pele cuidadosamente com água e sabão ou utilize um produto de limpeza de pele reconhecido. Não utilize solventes ou diluentes.

Contacto com os olhos : Verificar se estão sendo usadas lentes de contato e removê-las. Lavar IMEDIATAMENTE os olhos com água corrente por pelo menos 15 minutos com as pálpebras abertas.

Brasil

1/5



Seção 4. Medidas de Primeiros Socorros

Observações ao médico : Sem tratamento específico. Tratar sintomaticamente. Contate um especialista em tratamento de veneno se grandes quantidades foram ingeridas ou inaladas.

Consulte a Seção 11 para obter mais informações detalhadas sobre os sintomas e efeitos para a saúde.

Seção 5. Medidas de combate a incêndios

Meios de extinção

Adequado : Usar um agente extintor adequado para o fogo das áreas em redor.

Inadequado : Nenhum Conhecido.

Riscos de exposição especiais : Não apresenta perigo específico de incêndio ou explosão.

Isolar prontamente o local removendo todas as pessoas da vizinhança do acidente, se houver fogo. Nenhuma ação deve ser tomada que envolva qualquer risco pessoal ou sem treinamento apropriado.

Produtos de combustão perigosos : Os produtos de decomposição podem incluir os seguintes materiais:
óxidos fosforosos
óxidos/óxidos metálicos

Equipamento de proteção especial para bombeiros : Os bombeiros devem usar equipamentos de proteção adequados e usar um aparelho respiratório autônomo (SCBA) com uma máscara completa operado em modo de pressão positiva.

Seção 6. Medidas de controle para derramamento ou vazamento

Precauções pessoais : Nenhuma ação deve ser tomada que envolva qualquer risco pessoal ou sem treinamento apropriado. Evacuar áreas vizinhas. Não debar entrar pessoas desnecessárias ou desprotegidas. NÃO tocar ou caminhar sobre material derramado. Utilizar equipamento de proteção pessoal adequado (consulte a Seção 8).

Precauções ambientais : Evite a dispersão do produto derramado e do escoamento em contato com o solo, cursos de água, fossas e esgoto. Informe as autoridades pertinentes caso o produto tenha causado poluição ambiental (esgotos, vias fluviais, terra ou ar).

Grande derramamento : Mover recipientes da área de derramamento. Liberação a favor do vento. Previna a entrada em esgotos, cursos de água, porões ou áreas confinadas. Aspirar ou varrer o material e colocá-lo em um recipiente de descarte designado e rotulado. Descarte através de uma firma autorizada no controle do lixo. Obs.: Consulte a seção 1 para obter informações sobre os contatos de emergência e a seção 13 sobre o descarte de resíduos.

Pequenos derramamentos : Mover recipientes da área de derramamento. Aspirar ou varrer o material e colocá-lo em um recipiente de descarte designado e rotulado. Descarte através de uma firma autorizada no controle do lixo.

Seção 7. Manuseio e Armazenamento

Manuseio : Utilizar equipamento de proteção pessoal adequado (consulte a Seção 8). Comer, beber e fumar deve ser proibido na área onde o material é manuseado, armazenado e processado. Os funcionários devem lavar as mãos e o rosto antes de comer, beber ou fumar. Não ingerir. Evitar contato com os olhos, pele e roupas. Mantenha no recipiente original, ou em um alternativo aprovado feito com material compatível, hermeticamente fechado quando não estiver em uso. Recipientes vazios retêm resíduo do produto e podem ser perigosos. Não reutilizar o recipiente.

Armazenamento : Armazenar de acordo com a legislação local. Armazene no recipiente original protegido da luz do sol, em área seca, fria e bem ventilada, distante de materiais incompatíveis (veja seção 10) e alimentos e bebidas. Manter o recipiente bem fechado e vedado até que esteja pronto para uso. Os recipientes que forem abertos devem ser selados cuidadosamente e mantidos em posição vertical para evitar vazamentos. Não armazene em recipientes sem rótulos. Utilizar um recipiente adequado para evitar a contaminação do ambiente.

Seção 7. Manuseio e Armazenamento

Recomendado : Mantenha no recipiente original, ou em um alternativo aprovado feito com material compatível, herméticamente fechado quando não estiver em uso.

Seção 8. Controle de exposição/proteção individual

Valores de limite de exposição

Nome do ingrediente

dióxido de zircônio

Limites de exposição profissional

ACGIH TLV (Estados Unidos, 1/2009).

STEL: 10 mg/m³, (as Zr), 0 vezes por turno, 15 minuto(s).

TWA: 5 mg/m³, (as Zr), 0 vezes por turno, 8 hora(s).

quartzo (SiO₂) (>10 microns)

ACGIH TLV (Estados Unidos, 1/2009).

TWA: 0,025 mg/m³, 0 vezes por turno, 8 hora(s). Formulário:

Respirável

dióxido de hafnio

ACGIH TLV (Estados Unidos, 1/2009).

TWA: 0,5 mg/m³, (measured as hafnium) 8 hora(s).

Procedimentos de vigilância recomendados

- : Se este produto contiver ingredientes com limites de exposição, pode ser requerido o monitoramento biológico ou da atmosfera do local de trabalho e do pessoal, para determinar a efetividade da ventilação ou outras medidas de controle e/ou a necessidade de usar equipamento de proteção respiratória.

Controles de exposição

Controles de exposição ocupacional

- : Não há requisitos especiais de ventilação. Uma boa ventilação deve ser suficiente para controlar a exposição dos trabalhadores aos contaminantes do ar. Se este produto contém ingredientes com limites de exposição, usar vedantes no processo, utilizar exaustor local, ou outro controle de engenharia para manter a exposição do trabalhador abaixo dos limites estatutários ou de qualquer outro recomendado.

Medidas higiênicas

- : Lave muito bem as mãos, antebraços e rosto após manusear os produtos químicos, antes de usar o lavatório, comer, fumar e ao término do período de trabalho. Técnicas apropriadas podem ser usada para remover roupas contaminadas. Lavar as vestimentas contaminadas antes de reutilizá-las. Assegurar que os locais de lavagem de olhos e os chuveiros de segurança estão próximos dos locais de trabalho.

Proteção respiratória

- : Se os trabalhadores forem expostos a concentrações acima do limite de exposição, devem utilizar aparelhos filtrantes das vias respiratórias certificados apropriados. Use uma proteção respiratória devidamente ajustada com o fornecimento de ar, ou um purificador de ar que obedeça um padrão de aprovação quando a taxa de risco indicar que isto é necessário. Seleção do respirador deve ter como base os níveis de exposição conhecidos ou antecipados, os perigos do produto e os limites de trabalho seguro do respirador selecionado.

Proteção para as mãos

- : Luvas resistentes à produtos químicos, impermeáveis que obedecem um padrão aprovado, devem ser usadas todo tempo enquanto produtos químicos estiverem sendo manuseados se a determinação da taxa de risco indicar que isto é necessário.

Luvas

- : Não disponível.

Proteção para os olhos

- : Óculos de segurança com proteções laterais.

Proteção para a pele

- : O equipamento de proteção pessoal para o corpo deveria ser selecionado de acordo com a tarefa executada e os riscos envolvidos e antes da manipulação do produto um especialista deveria aprovar.

Controle de exposição ambiental

- : As emissões dos equipamentos de ventilação ou de processo de trabalho devem ser verificadas para garantir que atendem aos requisitos da legislação sobre a proteção do meio ambiente. Em alguns casos, purificadores de gases, filtros ou modificações de engenharia nos equipamentos do processo podem necessários para reduzir as emissões à níveis aceitáveis.

Seção 9. Propriedades físico-químicas

Estado físico	: Sólido. (Pó.)
Cor	: White, a Castanho./Cinza.
Odor	: Sem cheiro.
pH	: 10.4 (solução)
Ponto de ignição	: Taça fechada: Não é aplicável.
Limites de explosão	: Não é aplicável.
Pressão do vapor	: Máximo valor conhecido: 0 kPa (0 mm Hg) (a 20°C) (quartzo (SiO ₂) (>10 microns)).
Gravidade específica	: 4.8
Água Solubilidade a temperatura ambiente	: 18.5 g/l

Seção 10. Estabilidade e Reatividade

Estabilidade	: Estável nas condições de armazenamento e manipulação recomendadas (consulte a seção 7).
Condições a evitar	: Não há dados específicos.
Materiais a evitar	: Reativo ou incompatível com os seguintes materiais: substâncias ácidas fortes.
Produtos de decomposição perigosa	: Sob condições normais de armazenamento e uso não devem se formar produtos de decomposição perigosa.
Polimerização Perigosa	: Sob de condições normais de armazenamento e uso, polimerização perigosa não ocorrerá.

Seção 11. Informações Toxicológicas

Efeitos Agudos em Potencial na Saúde

Inalação	: Não apresentou efeitos significativos ou riscos críticos.
Ingestão	: Não apresentou efeitos significativos ou riscos críticos.
Contacto com a pele	: Não apresentou efeitos significativos ou riscos críticos.
Contacto com os olhos	: Não apresentou efeitos significativos ou riscos críticos.

Efeitos Crônicos em Potencial na Saúde

Sinais/sintomas de exposição excessiva

Inalação	: Não há dados específicos.
Ingestão	: Não há dados específicos.
Pele	: Não há dados específicos.
Olhos	: Não há dados específicos.

Órgãos atingidos

: Contém material que causa danos aos seguintes órgãos: rins, fígado, Baço, Medula Óssea.
: Contém material que pode causar danos aos seguintes órgãos: pulmões, via respiratória superior, pele, olhos.

Seção 12. Informações Ecológicas

Efeitos no Meio Ambiente	: Não apresentou efeitos significativos ou riscos críticos.
Outros efeitos colaterais	: Não apresentou efeitos significativos ou riscos críticos.

Seção 13. Considerações sobre tratamento e disposição

Métodos de eliminação	: A geração de lixo deveria ser evitada ou minimizada onde quer que seja. Recipientes vazios ou revestimentos podem conter alguns resíduos do produto. Não se desfazer deste produto e do seu recipiente sem tomar as precauções de segurança devidas. Descarte o excesso de produtos não recicláveis através de uma firma autorizada no controle do lixo. A eliminação deste produto, soluções e qualquer subproduto deveriam obedecer as exigências de proteção ambiental bem como uma legislação para a eliminação de resíduos segundo as exigências das autoridades regionais do
-----------------------	--

Seção 13. Considerações sobre tratamento e disposição

local. Evite a dispersão do produto derramado e do escoamento em contato com o solo, cursos de água, fossas e esgoto.

O descarte deve ser feito de acordo com as leis e regulamentações regionais, nacionais e locais.

Consulte a Seção 7: MANUSEIO E ARMAZENAMENTO, e a Seção 8: CONTROLE DE EXPOSIÇÃO E PROTEÇÃO INDIVIDUAL para obter informações adicionais sobre manuseio e proteção dos funcionários. Seção 6. Medidas de controle para derramamento ou vazamento

Seção 14. Informações sobre Transporte

Regulamentação	Número UN	Nome de expedição adequado	Classes	PG*	Informações adicionais
UN	Não há.	Not regulated.	Não há.	-	-
IMDG	Não há.	Not regulated.	Não há.	-	-
IATA	Não há.	Not regulated.	Não há.	-	-

PG* : Grupo de embalagem

Seção 15. Regulamentações

A classificação e a rotulagem foram determinadas de acordo com as leis da EU (União Européia) 67/548/EEC e 1999/45/EC (incluindo adendos) e levam em consideração o uso pretendido do produto.

Frases relativas ao risco : Esse produto não está classificado de acordo com a legislação da UE.

Seção 16. Outras Informações

Passado histórico

Data de lançamento : 8/11/2010.

Versão : 1

Organização que preparou : EHS

o MSDS

Indica as informações que foram alteradas em relação à versão anterior.

Observações

As informações contidas nesta ficha técnica são baseadas nos atuais conhecimentos científicos e técnicos. A finalidade destas informações é chamar a atenção para os aspectos de higiene e segurança no que concerne os produtos fornecidos pela PPG e para recomendar medidas de precaução para estocagem e manuseio de produtos. Nenhuma garantia é dada em respeito às propriedades dos produtos. Nenhuma ação judicial pode ser aceita por qualquer falha por ter sido observadas as medidas de precaução descritas nesta folha de informações ou por qualquer erro de uso deste produto.