

## MEMBRANAS POLIMÉRICAS PARA DESSALINIZAÇÃO DA ÁGUA: UMA AVALIAÇÃO DA BALANÇA COMERCIAL BRASILEIRA

Fabírcia de Souza Moreira<sup>1</sup>, Andrezza Lemos Rangel<sup>2</sup>, Adelaide Maria Antunes<sup>3</sup>, Suzana Borschiver<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup> Universidade Federal do Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

Rec.:19/07/2017. Ace.:22/01/2018

### RESUMO

A escassez de água é um problema que afeta a humanidade há décadas e, nos últimos anos, tem se agravado ainda mais com o aquecimento global, crescimento demográfico e secas recordes, de modo que os processos de dessalinização passaram a ser vistos como importantes alternativas para a produção de água potável. Os processos de dessalinização que utilizam membranas poliméricas apresentam vantagens em comparação com os processos térmicos, principalmente, em relação ao consumo de energia, motivo pelo qual a tecnologia de osmose inversa está sendo cada vez mais difundida ao redor do mundo. Entre os diferentes polímeros utilizados na preparação de membranas de dessalinização, a poliamida e a polissulfona são algumas das mais citadas devido, as características como boas propriedades mecânicas, biocompatibilidade e alto fluxo. O presente artigo analisa a balança comercial brasileira dos polímeros poliamida e polissulfona, utilizando dados de importação e exportação disponíveis no Sistema Alice Web, do Ministério do Desenvolvimento da Indústria e Comércio Exterior. Como resultado, observou-se que a balança comercial de ambos materiais foi deficitária no período de 2014-2016, mostrando a necessidade de investimentos para tornar o país mais competitivo na produção de membranas de osmose inversa, além de tornar o processo economicamente, possibilitando a expansão do uso no Brasil.

Palavras-chave: Balança Comercial. Polímeros. Dessalinização.

### EVALUATION OF THE BRAZILIAN TRADE BALANCE OF POLYMERS USED IN THE PREPARATION OF MEMBRANES FOR WATER DESALINATION

#### ABSTRACT

Water scarcity has been a problem that has affected humanity for decades, and in recent years has been further aggravated by global warming, population growth and record droughts, so that desalination processes have come to be seen as important alternatives for Production of drinking water. Membrane processes have advantages compared to thermal desalination processes, especially in relation to energy consumption, which is why reverse osmosis technology is becoming increasingly widespread around the world. Among the different polymers used in the preparation of desalting membranes, polyamide and polysulfone are some of the most cited, due to characteristics such as good mechanical properties, biocompatibility and high flow. The present article analyzes the Brazilian trade balance of polyamide and polysulfone polymers, using import and export data available in the Alice Web System of the Ministry of Industry Development and Foreign Trade. As a result, it was observed that the commercial balance of both materials was deficient in the period 2014-2016, showing the need for investments to make the country more competitive in the production of reverse osmosis membranes, in addition to making the process economically, making it possible to expansion in Brazil.

Keywords: Trade balance. Polymers. Desalination.

Área tecnológica: Química. Engenharia. Comércio Exterior.

\*Autor para correspondência: [fabricia.souza@yahoo.com.br](mailto:fabricia.souza@yahoo.com.br)

## INTRODUÇÃO

A demanda por água potável vem aumentando, em todo mundo, ao mesmo tempo em que a disponibilidade dos recursos hídricos vem diminuindo. Em 2014, o Brasil começou a apresentar os primeiros fortes indícios daquilo que pode ser a maior crise hídrica de sua história. Com um problema grave de seca e também de gestão dos recursos naturais, o país vem apresentando níveis baixos em seus reservatórios em épocas do ano em que eles costumam estar bem mais cheios.

Com a oferta de água correndo o risco de entrar numa crise profunda, os processos de dessalinização passaram a ser vistos como uma importante alternativa para a produção de água potável. Atualmente, alguns países e cidades estão se abastecendo totalmente de água doce extraída da água salgada do mar que, embora ainda a custos elevados, se apresenta como a única alternativa. A dessalinização pode se dar de diversas formas, incluindo processos térmicos e processos por membranas. Os processos térmicos são baseados na mudança de estado da água e os processos de membranas são baseados na capacidade dessas membranas separarem, seletivamente, os sais da água (ROSA, 2013). Na dessalinização de águas salobras e salgadas, os processos por membrana apresentam vantagens em comparação com os processos térmicos de dessalinização, quanto ao consumo de energia, pois não há mudança de fase dos componentes, à simplicidade de operação, à possibilidade de combinação a outros processos e à ampliação de escala de produção, pois são sistemas compactos e modulares (MULDER, 1991, HABERT *et al.*, 2005). É com este propósito, que atualmente a tecnologia de separação por membranas, em especial, a osmose inversa (OI), está sendo cada vez mais difundida ao redor do mundo, principalmente em países que dependem do processo de dessalinização para fornecimento de água potável.

Por esse motivo, o mercado global de membranas de osmose inversa está em franca ascensão. Segundo estudo realizado em 2013 pela Global Water Intelligence, o mercado de membranas para aplicações industriais deverá crescer cerca de US\$ 100 milhões, enquanto que o mercado de membranas para dessalinização, em torno de US\$ 180 milhões, ao longo dos próximos anos (GLOBAL WATER INTELLIGENCE, 2013).

Os materiais empregados na fabricação de membranas podem ser polímeros, cerâmicas, carbono, metais<sup>1</sup> e óxidos metálicos. Entre os diferentes materiais poliméricos utilizados em processos de separação com membranas, a poliamida, a polissulfona e o acetato de celulose são alguns dos mais utilizados principalmente, em dessalinização, devido às características como boas propriedades mecânicas, biocompatibilidade, alto fluxo e baixo custo (BETTIOL, 2004).

Algumas membranas de OI de alto desempenho são constituídas de uma camada de poliamida suportada em uma camada de polissulfona. A principal restrição ao uso destas membranas é o fato de que elas podem ser degradadas por agentes oxidantes, como por exemplo, o cloro livre, usado na desinfecção da água, mesmo em concentrações muito baixas (< do que 0,1 ppm) (BETTIOL, 2004).

No Brasil, a maioria das membranas utilizadas nos processos de purificação de água ainda é importada, ocasionando elevação do custo do processo de osmose inversa uma vez que não há uma política correta de preços (ANADÃO *et al.*, 2006a). A diversidade de aplicações com o uso das membranas abre o mercado para novas oportunidades de negócios e faz com que as empresas do setor possam atuar em diferentes frentes e com variadas tecnologias para atender às novas

---

<sup>1</sup> As propriedades químicas dos metais como altas condutividades, plasticidade e resistência mecânica, os tornam candidatos naturais para materiais de membrana, densa ou porosa. É o caso de alguns metais de transição como Paládio, Prata, Tungstênio e Molibdênio que são empregados puros ou em ligas com Níquel, Radio e outros.

demandas do segmento. As plantas de dessalinização, por exemplo, podem atender desde cidades, municípios ou indústrias de grande porte até comunidades pequenas ou condomínios residenciais, dependendo da demanda. Em todo o mundo, existe cerca de 17.000 usinas de dessalinização que produzem, aproximadamente, 80 milhões de metros cúbicos de água potável por dia, operando em mais de 150 países e atendendo cerca de 300 milhões de pessoas (IDA, 2015).

Com o intuito de se verificar o posicionamento do Brasil em relação a este setor estratégico para a economia nacional, este trabalho visa o estudo prévio da balança comercial brasileira de dois dos principais polímeros utilizados na preparação de membranas de dessalinização, a poliamida e a polissulfona, através do levantamento dos dados de importação e exportação, utilizando o Sistema Alice Web do Ministério do Desenvolvimento Indústria e Comércio Exterior (MDIC).

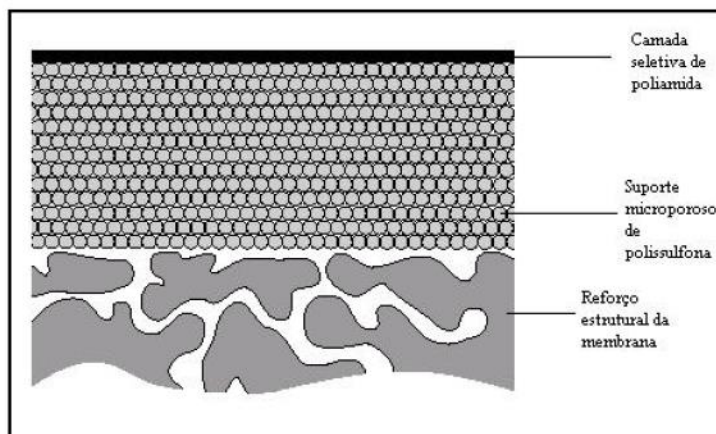
### Membranas de Osmose Inversa

A relação entre as características da água de alimentação e a qualidade desejada da água produzida determina o tipo de membrana a ser utilizada para obtenção do melhor desempenho do sistema OI. A seleção da membrana é um dos fatores importantes no projeto do sistema OI. Uma membrana ideal apresenta altos fluxos, como por exemplo, o permeado e o de retenção de sais, sendo tolerante a oxidantes como cloro, além disso, sendo resistente ao ataque biológico e depósitos de materiais coloidais e em suspensão, apresenta elevada resistência mecânica, estabilidade química e térmica e baixo custo de aquisição (BETTIOL, 2004).

Em função das aplicações a que se destinam, as membranas apresentam diferentes morfologias. De um modo geral, as membranas podem ser classificadas em duas grandes categorias: densas e porosas. As membranas são consideradas densas quando o transporte dos componentes envolve uma etapa de dissolução e difusão através do material que constitui a membrana. A membrana é denominada porosa quando o transporte através da mesma ocorre devido a diferença de tamanho entre as substâncias e os poros das membranas. Membranas de osmose inversa são densas e seu mecanismo de transporte é denominado de solução/difusão (BETTIOL, 2004).

Tanto as membranas densas quanto as porosas, se dividem em simétricas ou assimétricas. Membranas simétricas apresentam as mesmas características morfológicas ao longo de sua espessura, ao contrário das assimétricas, que se caracterizam por uma região superior muito fina, aproximadamente 1  $\mu\text{m}$ , mais fechada, porosa ou não, chamada de pele, suportada em uma estrutura porosa, mais aberta, a qual oferece menos resistência a passagem do permeado (BETTIOL, 2004).

As membranas assimétricas compostas, formadas por uma camada de poliamida suportada em uma camada de polissulfona, são as mais utilizadas nos sistemas de OI devido à sua alta retenção de sais e produção de permeado, ou seja, o volume de solvente isento de soluto que é produzido nos processos de separação por membrana. A estrutura desta membrana está representada esquematicamente na Figura 1.

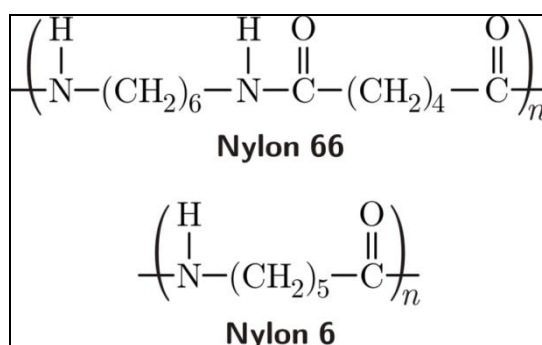
**Figura 1** - Estrutura de uma membrana assimétrica composta de poliamida suportada em polissulfona.

Fonte: BETTIOL, 2004.

### Síntese Química e Intermediários

As poliamidas são produzidas a partir da polimerização de um grupo funcional amida (-CONH). Estas são classificadas de acordo com o número de átomos de carbono das matérias-primas polimerizadas. A primeira poliamida foi sintetizada pela DuPont em 1935. As poliamidas como o nylon, aramidas, começaram a ser usadas como fibras sintéticas, e depois passaram para a manufatura tradicional dos plásticos.

As poliamidas existem em uma grande variedade, conforme sua composição polimérica. Dependendo dos grupos funcionais ligados a ela e do número de carbonos que compõem os monômeros da-se um nome diferente. Tradicionalmente, a poliamida sem grupos especiais tem nomenclatura de *poliamida x,y* onde x e y representam o número de carbonos dos dois monômeros presentes. A poliamida (PA) 6,6 é chamada assim pelo fato de suas matérias-primas, hexametilenodiamina (HMDA) e ácido adípico (AA), possuírem seis átomos de carbono cada. Já a poliamida 6, , ou Nylon 6, é polimerizada a partir da caprolactama (CPL), que possui 6 átomos de carbono (BAIN & COMPANY, 2014).

**Figura 2** – Estrutura química do Nylon 66 e do Nylon 6.

Fonte: HERMES, 1996

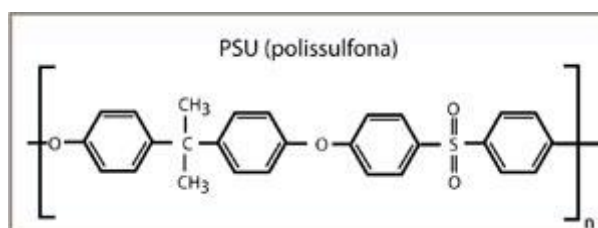
A PA6,6 e a PA6 possuem aplicações similares, e é possível verificar que ambas se destinam aos mesmos grupos de produtos finais, porém em proporções diferentes. A primeira é mais usada para a produção de plásticos de engenharia e filamentos industriais; a segunda, para a fabricação de filamentos têxteis e filmes.

MOREIRA, F. de S.. Membranas poliméricas para dessalinização da água: uma avaliação da balança comercial brasileira.

O Brasil possui três plantas de PA6, uma da Invista, com capacidade instalada de 30 kt, uma da BASF com 12 kt de capacidade, e, outra da Fortrade com 5 kt de capacidade. Juntas, elas representam 1% da capacidade mundial de PA6. O país, que concentra cerca de 3% da capacidade mundial de PA6,6, possui apenas duas unidades produtivas, ambas pertencentes à Rhodia.

As polissulfonas são polímeros conhecidos pela sua resistência e estabilidade a temperaturas elevadas. Eles contêm a subunidade aril- SO<sub>2</sub> - arilo, característica do grupo sulfona. Polissulfonas foram introduzidos em 1965 pela Union Carbide. Devido ao custo elevado das matérias-primas e processamento, as polissulfonas são utilizadas em aplicações de especialidade, podendo substituir os policarbonatos.

**Figura 3** - Estrutura química da polissulfona.



Fonte: AZEVEDO, 2008

A polissulfona possui uma das mais altas temperaturas de operação entre todos os termoplásticos. A sua resistência a altas temperaturas confere a ele um papel de retardador de chama e sua alta estabilidade de hidrólise permite a sua utilização em aplicações médicas que exigem autoclave e vapor de esterilização. No entanto, possui baixa resistência a alguns solventes, que pode ser compensada pela adição de outros materiais ao polímero.

Estes polímeros também são usados nas indústrias de automóvel e eletrônica. Cartuchos para filtros feitos de membranas de polissulfona oferecem taxas de fluxo extremamente elevadas a pressões diferenciais muito baixas quando comparados com os meios de nylon ou polipropileno. Mas, a principal aplicação da polissulfona, quanto da poliamida, é na preparação de membranas de osmose inversa. As polissulfonas pertencem a classe dos polímeros termoplásticos e são formadas por dois monômeros: difenilsulfona e bisfenol-A. (CARVALHO *et al*, 2006).

Difenilsulfona é um subproduto da sulfonação do benzeno e o Bisfenol-A é preparado pela condensação da acetona com dois equivalentes de fenol. A reação é catalisada por um ácido, como o ácido clorídrico (HCl) ou uma resina poliestireno sulfonada. Tipicamente, um grande excesso de fenol costuma ser usado para garantir a condensação completa:

## METODOLOGIA

Com base na revisão bibliográfica prévia, identificou-se que os principais materiais poliméricos para a preparação de membranas de dessalinização são a poliamida-6 ou poliamida-6,6 e a polissulfona. Para obtenção dos dados da balança comercial dos referidos polímeros, foi utilizada a plataforma do Ministério do Desenvolvimento Indústria e Comércio Exterior (MDIC), denominada Alice Web. Este sistema divulga as estatísticas brasileiras de exportações e importações, atualizado com os dados do mês anterior encerrado (entre 3-10 dias após o final do mês), e tem como base de dados o Sistema Integrado de Comércio Exterior (SISCOMEX), que administra o comércio exterior

MOREIRA, F. de S.. Membranas poliméricas para dessalinização da água: uma avaliação da balança comercial brasileira.

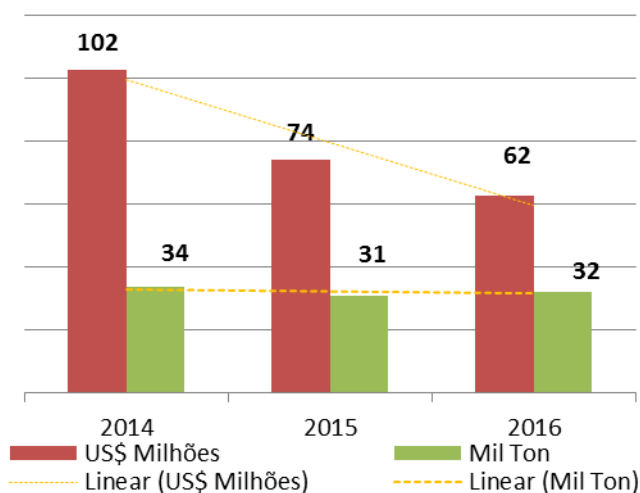
brasileiro. Como dado de entrada para o sistema, o usuário necessita fornecer o código NCM<sup>2</sup> de cada produto a ser pesquisado. Para o caso em estudo, os códigos utilizados foram 3908.10.24 (poliamida-6 ou poliamida-6,6) e 3911.90.26 (polissulfona). Para refinar a busca das informações, restringiu-se o intervalo temporal para o triênio 2014-2016. Os dados gerados foram extraídos para uma planilha eletrônica e trabalhados de forma a gerar as observações que serão apresentadas neste estudo.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com objetivo de transformar as informações geradas pelo Sistema Alice Web em conhecimento a respeito do comércio exterior dos materiais poliméricos estudados, foram construídos gráficos e tabelas.

A Figura 4 apresenta o volume anual de importações de Poliamida, em valor financeiro (US\$ Milhões) e em massa (Mil Ton). Através dela é possível observar que, embora o volume mássico importado tenha a mesma ordem de grandeza nos 3 anos analisados, há um perfil decrescente no volume financeiro desta transação. A Tabela 1 apresenta os dados dispostos em forma de tabela e o preço médio de importação, mostrando, igualmente, o decréscimo no período analisado.

**Figura 4** – Importações brasileiras de Poliamida por ano (2014-2016).



Fonte: Elaboração Própria a partir dos dados do Alice Web.

<sup>2</sup>

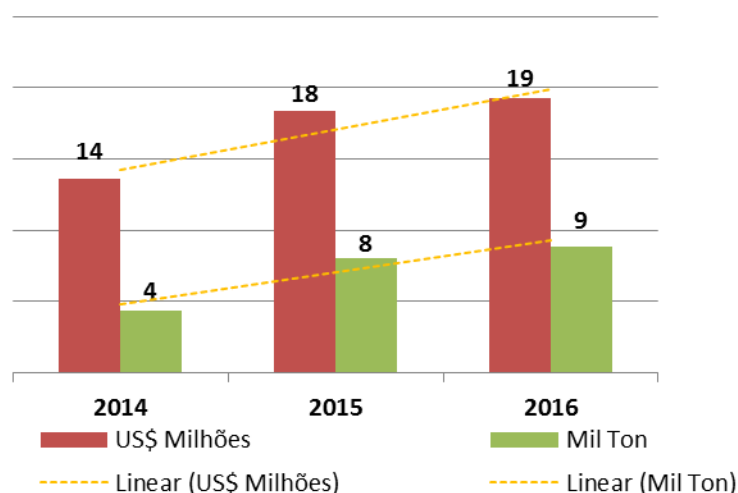
NCM (Nomenclatura Comum do Mercosul) é uma convenção de categorização de mercadorias adotada desde 1995 entre Uruguai, Paraguai, Brasil e Argentina. Este sistema de nomenclatura foi criado a fim de melhorar e facilitar o crescimento do comércio internacional, facilitando também a criação e comparação de estatísticas. Os códigos da NCM são compostos por oito dígitos, sendo os seis primeiros formados pelo Sistema Harmonizado de Designação e Codificação de Mercadorias (SH), enquanto o sétimo e oitavo são específicos ao âmbito do Mercosul.

**Tabela 1** – Valor agregado de importação da Poliamida no último triênio.

	2014	2015	2016
<b>US\$ Milhão</b>	102,4	74	62,5
<b>Mil Ton</b>	33,5	30,8	32,2
<b>US\$/Kg</b>	3,05	2,40	1,94

Fonte: Elaboração Própria a partir dos dados do Alice Web.

Na Figura 5 são apresentados os volumes anuais de exportações de Poliamida em unidade financeira (US\$ Milhões) e em unidade mássica (Mil Ton). Neste caso, é possível observar um perfil crescente em ambos casos e, em conjunto com os dados da Tabela 2, podemos perceber que o preço médio de exportação foi superior ao de importação nos anos de 2014 e 2016, apesar do volume total ser inferior ao volume de importações.

**Figura 5** – Exportações brasileiras de Poliamida por ano (2014-2016)

Fonte: Elaboração Própria a partir dos dados do Alice Web.

**Tabela 2** – Valor agregado de exportação de Poliamida no último triênio.

	2014	2015	2016
<b>US\$ Milhão</b>	13,6	18,3	19,2
<b>Mil Ton</b>	4,3	8,0	8,8
<b>US\$/Kg</b>	3,1	2,3	2,2

Fonte: Elaboração Própria a partir dos dados do Alice Web.

Dados de 2012 revelaram que aproximadamente 32% da demanda doméstica por produtos da cadeia das poliamidas foram supridas por importações. Os dados do último triênio indicam que a produção interna de poliamidas não é suficiente para atender o mercado brasileiro, alcançando importação líquida de aproximadamente 32 kt em 2016, o que representou um déficit de 43 milhões de dólares na balança comercial deste produto no ano passado, no entanto, observa-se que esse déficit vem diminuindo ao longo dos anos.

A queda do volume de importação nos dois últimos anos pode estar relacionada à redução do consumo de poliamidas, em virtude da maior importação de produtos acabados e, possivelmente, MOREIRA, F. de S.. Membranas poliméricas para dessalinização da água: uma avaliação da balança comercial brasileira.

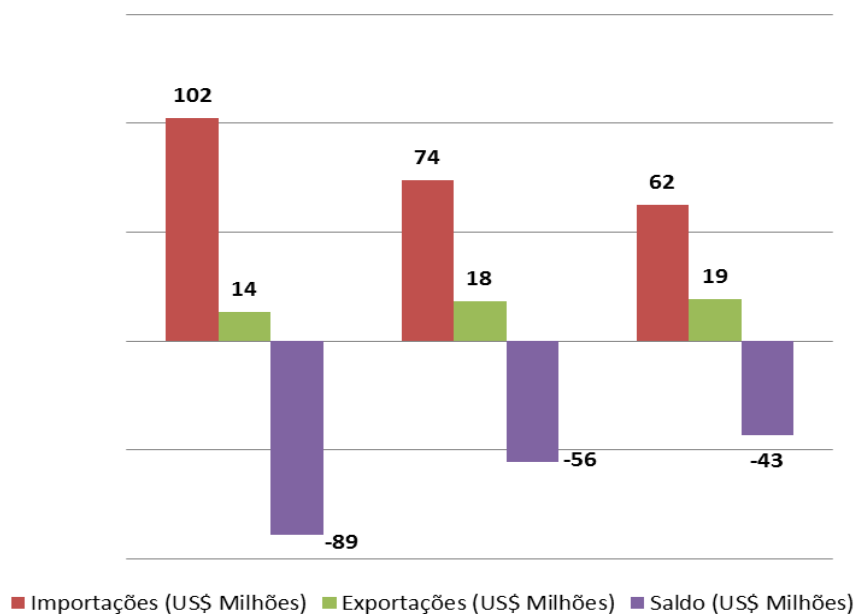
devido à crise econômica brasileira que se iniciou em meados de 2014, acentuando-se em 2015, reduzindo a demanda por produtos.

A dependência das importações para abastecimento do mercado brasileiro se deve em parte ao fato de não haver produção interna de caprolactama, sendo a mesma importada a um alto custo, o que torna a polimerização pouco rentável no país. A produção doméstica de caprolactama era concentrada na unidade da Braskem até 2009, ano em que tal planta foi encerrada. Tal fechamento levou à perda de competitividade da cadeia da PA6 após 2009, e até o momento, não são esperados novos investimentos para aumento da produção doméstica.

A demanda de ADN está ligada à produção de HMDA. O Brasil não possui capacidade de produção de ADN e importa todo o seu consumo. Como não há expectativa de investimentos em capacidade produtiva de ADN, o país deverá continuar importando todo o ADN demandado.

Frente ao exposto, é possível perceber que durante o triênio analisado o saldo da Balança Comercial de Poliamida foi negativo, conforme é possível observar no Gráfico 3.

**Figura 6** – Saldo da Balança Comercial brasileira de Poliamida (2014-2016).



Fonte: Elaboração Própria a partir dos dados do Alice Web.

Vale mencionar que a Poliamida tem NCM 3908.10.24, fazendo parte, portanto, do capítulo 39 – Plásticos e suas obras. A Tabela 3, a seguir, mostra o volume consolidado de importações dos itens deste capítulo bem como a representatividade das importações de Poliamidas frente a este valor.



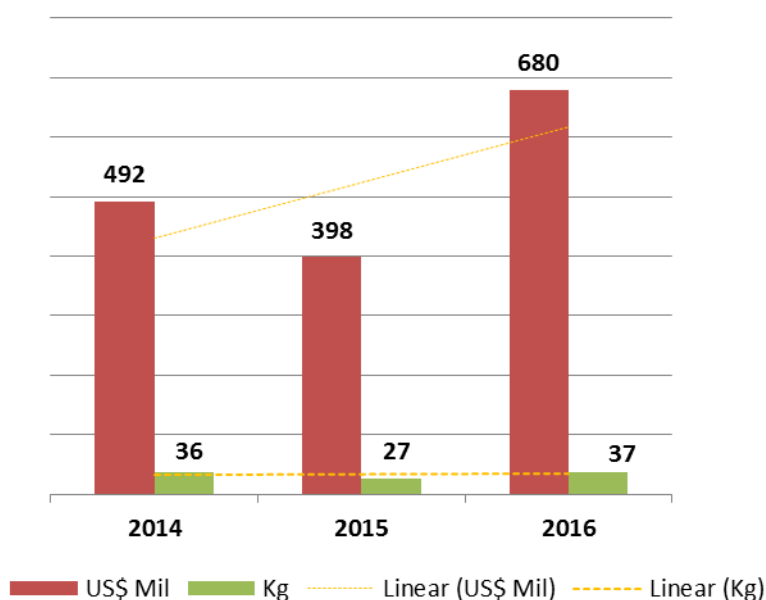
**Tabela 3** – Importações de Poliamida x Total de importações do Capítulo 39.

	2014	2015	2016
<b>Capítulo 39 (US\$ Mil)</b>	5.693.107	4.515.778	3.740.086
<b>NCM 39081024 (US\$ Mil)</b>	102.453	74.024	62.482
<b>Poliamida/Capítulo 39</b>	1,80%	1,64%	1,67%

Fonte: Elaboração Própria a partir dos dados do Alice Web.

No último triênio, as poliamidas mantiveram uma participação pouco expressiva em termos de importação, considerando os produtos da indústria química pertencentes ao capítulo 39 da NCM. Em 2016, a importação de poliamida representou aproximadamente 1,7 % do total de importação em relação a estes produtos. As maiores participações no percentual de importação em relação a este capítulo foram dos produtos classificados como “Outros polietilenos sem carga, densidade  $\geq$  0.94, em formas primárias” (NCM 39012029) com 8% do total das importações, seguido dos produtos “Outros polímeros de etileno, em formas primárias” (NCM 39019090) com 7,4% do total das importações.

Em relação a Polissulfona, a Figura 7 apresentada os volumes anuais de importações em US\$ Mil e em Kg. Ao se analisar o volume de importações sob a ótica financeira, observa-se um comportamento oscilatório no triênio estudado, com uma queda acentuada em 2015, seguida de uma recuperação expressiva em 2016. O mesmo comportamento oscilatório é observado em relação ao volume físico (em Kg), no entanto sem quedas ou crescimentos expressivos. Também é possível verificar um aumento no preço médio das Polissulfonas, que iniciou em 13,7 US\$/Kg em 2014 e fechou em 18,4 US\$/Kg em 2016. Este comportamento pode ser observado na Tabela 4, a seguir.

**Figura 7** – Importações brasileiras de Polissulfona por ano (2014-2016).

Fonte: Elaboração Própria a partir dos dados do Alice Web.

MOREIRA, F. de S.. Membranas poliméricas para dessalinização da água: uma avaliação da balança comercial brasileira.

**Tabela 4** — Preço médio de importação da Polissulfona no triênio de 2014 a 2016.

	2014	2015	2016
<b>US\$ Mil</b>	492	398	680
<b>KG</b>	36	27	37
<b>US\$/Kg</b>	13,7	14,7	18,4

Fonte: Elaboração Própria a partir dos dados do Alice Web.

Em relação aos países que fazem parte desta estatística de importação, tem-se a participação dos Estados Unidos, Alemanha, Espanha e Itália, sendo o primeiro o que mais contribuiu, com um volume financeiro que representa 100% e 91%, para os anos de 2014 e 2015, respectivamente. Sendo assim, os blocos econômicos que contam com a participação dos Estados Unidos são os que mais contribuem para o volume de importações. São eles: Países Desenvolvidos, Organização de Cooperação para Desenvolvimento Econômico (OCDE), Grupo dos 8 (G-8), Grupo dos 7 (G-7), Cooperação Econômica da Ásia e do Pacífico (APEC), Acordo de Livre Comércio da América do Norte (NAFTA), Acordo de Livre Comércio da América Central/República Dominicana (CAFTADR) e Área de Livre Comércio das Américas (ALCA).

Vale mencionar que a Polissulfona tem NCM 3911.90.26, fazendo parte, portanto, do capítulo 39 – Plásticos e suas obras. A Tabela 5 a seguir mostra o volume consolidado de importações dos itens deste capítulo e que as importações de Polissulfonas representam um valor muito pequeno deste total, com apenas 0,02% em 2016.

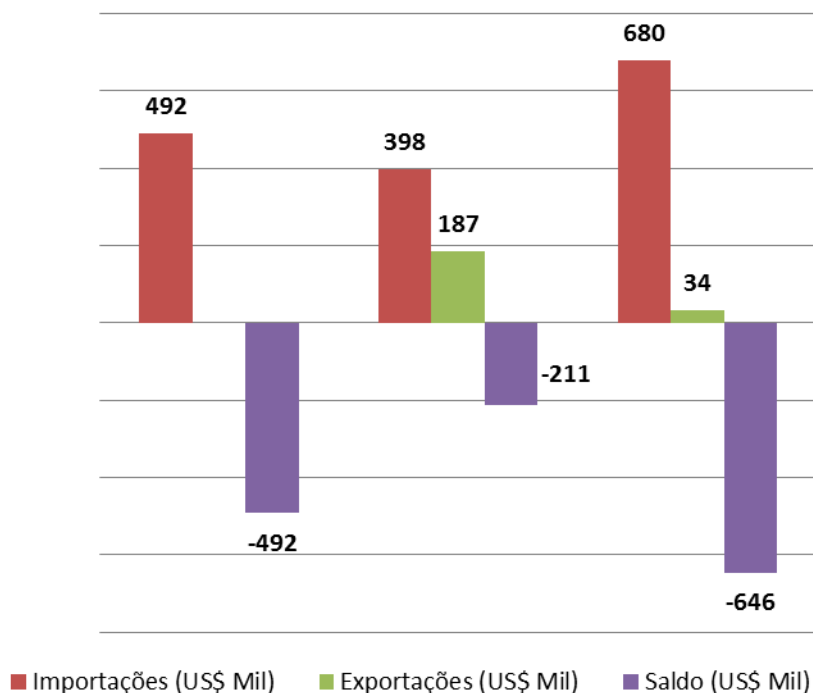
**Tabela 5** – Importações de Polissulfona x Total de importações do Capítulo 39.

	2014	2015	2016
<b>Capítulo 39 (US\$ Mil)</b>	5.693.107	4.515.778	3.740.086
<b>NCM 3911.90.26 (US\$ Mil)</b>	492	398	680
<b>Polissulfona/Capítulo 39</b>	< 0,01%	< 0,01%	0,02%

Fonte: Elaboração Própria a partir dos dados do Alice Web.

No que diz respeito às exportações, verifica-se a baixa representatividade brasileira, que teve como mercado apenas o Chile no ano de 2015, com 187 US\$ Mil, 9 Mil Kg e um valor agregado 51% superior ao praticado na importação do mesmo ano (20,80 US\$/Kg contra 13,75 US\$/Kg).

Frente ao exposto, é possível perceber que durante o triênio analisado o saldo da Balança Comercial de Polissulfona foi negativo, conforme é possível observar no Gráfico 5.

**Figura 8** – Saldo da Balança Comercial Brasileira de Polissulfona (2014-2016).

Fonte: Elaboração Própria a partir dos dados do Alice Web.

## CONCLUSÕES

Os tratamentos de água pelos processos de separação por membranas cresceram rapidamente ao nos últimos anos, tornando uma alternativa para fornecimento de água potável. A Osmose Inversa tem se tornado uma das principais e mais consolidadas tecnologias neste segmento ao redor do mundo, já sendo utilizada como principal fonte de fornecimento de água em alguns países. O avanço da utilização desses processos em sistemas comerciais na área de purificação e tratamento de água causou um amplo crescimento no mercado de membrana, aumentando a demanda pelos materiais utilizados em sua preparação. Dentre os principais materiais utilizados na preparação de membranas poliméricas, pode-se destacar a poliamida e a polissulfona, que foram objetos de estudo deste trabalho.

A balança comercial brasileira das poliamidas (PA6 e PA6,6) teve um déficit comercial de aproximadamente 90 milhões de dólares em 2014 no cenário nacional sinalizando a importância de investimentos para aumentar a capacidade de produção nacional. No entanto, para aumentar a produção nacional de PA6 e PA6,6, deverá se investir primeiramente na produção dos intermediários secundários, caprolactama, ácido adípico e HMDA, caso contrário, o aumento da capacidade instalada das poliamidas acarretaria no aumento das importações desses produtos, gerando um novo déficit na balança comercial.

Entre os dois tipos de poliamidas, a PA6 parece ser a tecnologia mais indicada para potenciais investimentos, já que, segundo especialistas, possui custo de produção cerca de 10% menor do que a PA6,6. Caso isso se realize, pode-se esperar que parte do consumo projetado de PA6,6 seja suprido por PA6, já que estas podem ser substituídas em até 80% das aplicações.

MOREIRA, F. de S.. Membranas poliméricas para dessalinização da água: uma avaliação da balança comercial brasileira.

Em relação ao comércio exterior das polissulfonas, a análise da base de dados do Sistema AliceWeb, para o triênio 2014-2016 apontou uma balança comercial deficitária, haja visto só ter existido exportação deste polímero nos dois últimos anos. Apesar das importações apresentarem um comportamento oscilatório no período analisado, o valor em dólares de importações no ano de 2016 representou um acréscimo de 70% em relação ao ano anterior, mesmo com o aumento do valor agregado ao longo dos últimos três anos.

Em suma, a análise da balança comercial realizada neste trabalho indicou a necessidade de investimentos no setor para o aumento da capacidade de produção nacional de poliamida e polissulfona, de forma a tornar o país mais competitivo na produção de membranas de osmose inversa, além de tornar o processo de osmose inversa mais economicamente viável para ser largamente aplicado nas estações de dessalinização e tratamento de água do Brasil. No entanto, para aumentar a produção nacional de poliamida, o Brasil deverá investir também na produção dos intermediários secundários (caprolactama, ácido adípico e HMDA), caso contrário, o aumento da capacidade instalada desses polímeros acarretaria no aumento das importações dos seus intermediários, gerando novos déficits na balança comercial.

## REFERÊNCIAS

AGUIAR, A. C. Informação e atividades de desenvolvimento científico, tecnológico e industrial: tipologia proposta com base em análise funcional. **Ciência da Informação**, Brasília, n.20, v.1, p.7-15, jan./jun. 1991.

ALENCAR, M. S. M.; PORTER, A. L.; ANTUNES, A. M. S. *Nanopatenting patterns in relation to product life cycle*. **Tecnological Forecasting & Social Change**, v.74, p.1661- 1680, 2007.

ANADÃO, P.; RABELLO, P.P; VALENZUÉLA-DIAZ, F.R.; WIEBECK, H.; HESPANHOL, I.; MIERZWA, J.C.; **Síntese e caracterização de membranas de polissulfona e de membranas nanocompósitas para tratamento de água**; Sociedade Brasileira de Química (SBQ), 2006a.

ANADÃO, P.; RABELLO, P.P; VALENZUÉLA-DIAZ, F.R.; WIEBECK, H.; HESPANHOL, I.; MIERZWA, J.C.; **Estudo do comportamento térmico de membranas de polissulfona e de membranas nanocompósitas de polissulfona com bentonita sódica**; Associação Brasileira de Análise Térmica e Calorimetria (ABRATEC), 2006b.

ANADÃO, P.; RABELLO, P.P; VALENZUÉLA-DIAZ, F.R.; WIEBECK, H.; HESPANHOL, I.; MIERZWA, J.C.; **Síntese e caracterização de membranas de microfiltração para aplicações em sistemas e tratamento de águas de abastecimento e efluentes industriais**; Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales: Investigación, desarrollo y práctica, Volúmen 1, número 3, 2007.

AZEVEDO, M. Plásticos especiais - Demanda por resinas de alto desempenho cresce e prognósticos se tornam promissores. Disponível em: <[www.plastico.com.br/plasticos-especiais-demanda-por-resinas-de-alto-desempenho-cresce-e-prognosticos-se-mostram-promissores/3/](http://www.plastico.com.br/plasticos-especiais-demanda-por-resinas-de-alto-desempenho-cresce-e-prognosticos-se-mostram-promissores/3/)> Acesso em 15 dez. 2017.

BAIN & COMPANY. **Potencial de Diversificação da Indústria Química Brasileira – Relatório 4: Poliamidas Especiais**. Rio de Janeiro, 2014.

MOREIRA, F. de S.. Membranas poliméricas para dessalinização da água: uma avaliação da balança comercial brasileira.

BETTIOL, V. R. **Estudo da Influência de ClO<sub>2</sub> sobre membranas de poliamidas de Osmose Reversa**. Tese de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, UFRGS, 2004.

BRESCHIANE, D. et al. **Preparação e Caracterização de Membranas Poliméricas para dessalinização de água**. Anais do 10º Congresso Brasileiro de Polímeros – Foz do Iguaçu, PR – Outubro/2009

CARVALHO, V.B. C.; BARBOSA, C. C. R.; BASTOS, E. T. R.; SILVA, J. C. da; **Sulfonação de Polissulfonas**; Sociedade Brasileira de Química (SBQ), 2006

CARAHER, V. *The evolution of the patent information world over the next 10 Years: A Thomson Scientific perspective*. World Patent Information, v. 30, p. 150-152, 2008.

CRAFTECH; Polysulphone (PSU), 2016. Disponível em: <<http://www.craftechind.com/materials/polysulphone-psu/>> Acesso em 31 ago. 2016.

GLOBAL WATER INTELLIGENCE – Market-Leading Analysis of the International Water Industry, Global RO/NF Membrane Market Forecast to 2016.. Disponível em: <http://www.globalwaterintel.com/archive/10/8/analysis/membrane-market-chart.html> > Acesso em 03 jun. 2013

HABERT, A.C., BORGES, C.P., NÓBREGA R., COSTA, A.C.M., OLIVEIRA, D.R., RAMOS, G.M., BERTOLDO, L.C., 2005, Fundamentos e Operação dos Processos de Nanofiltração e Osmose Inversa, Apostila, 2005.

MULDER, M., 1991, Basic Principle of Membrane Technology, 1ª Edição, Kluwer Academic Publishers Group, Bonton

MULLER, G. *Roadmapping*. Embedded Systems Institute, jul. 2005. Disponível em: [www.gaudisite.nl](http://www.gaudisite.nl). Acesso em: jan. 2007.

IDA - INTERNACIONAL DESALINATION ASSOCIATION, Desalination by the numbers.. Disponível em: <<http://idadesal.org/desalination-101/desalination-by-the-numbers/>> Acesso em 10 out. 2015.

LOUREIRO, A. O Emprego do Método Technology Roadmapping em Adesivos e Selantes Aplicados à Construção Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Química, Rio de Janeiro, 2010.

ROSA, D. J.M. Sistemas Fotovoltaicos domiciliares de dessalinização de água para consumo humano: Um estudo de sua viabilidade e configurações. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Energia, USP, 2013.

MOREIRA, F. de S.. Membranas poliméricas para dessalinização da água: uma avaliação da balança comercial brasileira.