



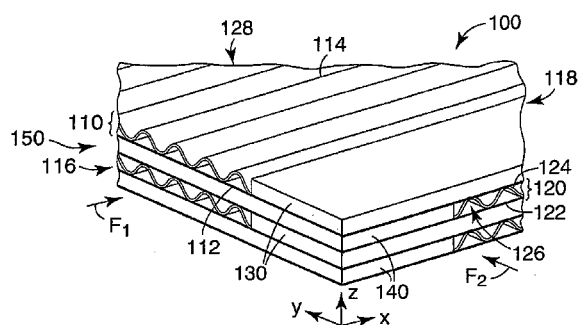
(22) Data de Depósito: 21/12/2006
(43) Data da Publicação: 27/09/2011
(RPI 2125)



(51) Int.Cl.:
B01D 63/08
B01D 61/00
B01D 69/06

(87) Publicação Internacional: WO 2007/064522de
07/06/2007

(57) Resumo: MODULO DE MEMBRANA DE FLUXO CRUZADO. Elementos de extração líquido-líquido são descritos. Um elemento de extração líquido-líquido inclui um primeiro par de camadas e um segundo par de camadas disposto ad-jacente ao primeiro par de camadas formando uma pilha de camadas. O primeiro par de camadas inclui uma primeira membrana microporosa polimérica, e uma primeira camada de canais de fluxo orientada em uma primeira direção do fluxo possuindo uma entrada de fluido e uma saída de fluido dispostas em primeiros lados opostos do elemento de extração. O segundo par de camadas inclui uma segunda membrana microporosa polimérica e uma segunda camada de canais de fluxo orientada em uma segunda direção de fluxo diferente da primeira direção de fluxo e possuindo uma entrada de fluido e uma saída de fluido dispostas nos segundos lados opostos do elemento de extração. A primeira membrana microporosa está disposta entre o primeiro canal de fluxo e o segundo canal de fluxo. Métodos de extrair um soluto dissolvido de um primeiro líquido para um segundo líquido são também descritos.



P20619265-2

"MÓDULO DE MEMBRANA DE FLUXO CRUZADO"

ANTECEDENTES

A presente descrição refere-se a módulos de membrana e sistemas que a utilizam para extrair um soluto dissolvido de um primeiro líquido para um segundo líquido.

A extração líquido-líquido é uma técnica comumente empregada para transferência de um soluto dissolvido em um primeiro líquido para um segundo líquido, que seja essencialmente imiscível no primeiro líquido. A solução do soluto no primeiro líquido é geralmente chamada de uma "solução de alimentação" e o segundo líquido é geralmente chamado um "extratante" ou "extratante líquido". O soluto tende a se distribuir entre os dois líquidos de acordo com a solubilidade relativa do soluto nos dois líquidos quando a solução de alimentação é trazida em contato com o extratante líquido.

Uma abordagem convencional para se obter a extração líquido-líquido é misturar diretamente a solução de alimentação e o extratante líquido. Lamentavelmente, esta técnica freqüentemente proporciona elevações à formação de uma dispersão ou emulsão persistente dentro da mistura, resultando em um processo de extração altamente ineficiente, em termos tanto com relação a tempo quanto a resultado final.

Uma metodologia de extração por membrana microporosa tem sido desenvolvida para lidar com as preocupações sobre dispersão citadas acima. Em particular, um lado de uma membrana microporosa é normalmente colocado em contato com a solução de alimentação e o lado oposto da membrana micropo-

rosa com o extratante líquido. Uma interface líquido-líquido, pela qual o soluto é transferido, é assim formada entre a solução de alimentação e o extratante líquido, dentro dos microporos da membrana microporosa.

5 O conceito de fornecer uma separação bruta entre a solução de alimentação e o extratante líquido através de uma membrana microporosa provou ser viável. Entretanto, a viabilidade da extração líquido-líquido por membrana microporosa em um ambiente industrial normalmente depende da taxa de extração (que, por sua vez, é uma função da área de superfície da interface líquido-líquido fornecida pela membrana microporosa) e da facilidade de substituição da membrana, que deve se tornar danificada ou estragada. Aparelhos e métodos convencionais de extração líquido-líquido por membrana microporosa utilizam projetos com área de superfície da interface líquido-líquido limitada e que não facilitam a substituição da membrana. Esta ineficiências inerentes têm impedido a implantação comercial de grande escala da extração por membrana microporosa.

20 Muitas aplicações comerciais, como, por exemplo, obtenção de etanol a partir de um caldo de alimentação fermentado, poderiam ser benéficas para o uso de uma técnica de extração líquido-líquido por membrana microporosa. Como tal, existe a necessidade por alta produtividade de sistemas de extração líquido-líquido que incorporam uma membrana microporosa adaptada para ser mantida em uma base de baixo custo.

SUMÁRIO

A presente descrição refere-se a módulos de membrana de fluxo cruzado e sistemas que usam esta para extrair um soluto dissolvido de um primeiro líquido em um segundo líquido. Em algumas modalidades, estes módulos de membrana
5 são úteis para extração de um soluto dissolvido, como etanol, a partir de um primeiro líquido, como água, de preferência em um segundo líquido.

Um aspecto da presente invenção refere-se a um elemento de extração líquido-líquido que inclui um primeiro
10 par de camadas e um segundo par de camadas disposto de maneira adjacente ao primeiro par de camadas formando uma pilha de camadas. O primeiro par de camadas inclui uma primeira membrana microporosa polimérica, e uma primeira camada de canais de fluxo orientada em uma primeira direção do fluxo
15 possuindo uma entrada de fluido e uma saída de fluido dispostas em primeiros lados opostos do elemento de extração. O segundo par de camadas inclui uma segunda membrana microporosa polimérica e uma segunda camada de canais de fluxo orientada em uma segunda direção de fluxo diferente da primeira
20 direção de fluxo e possuindo uma entrada de fluido e uma saída de fluido dispostas nos segundos lados opostos do elemento de extração. A primeira membrana microporosa está disposta entre o primeiro canal de fluxo e o segundo canal de fluxo.

25 Um outro aspecto da presente invenção refere-se a um método de extração de um soluto dissolvido a partir de um primeiro líquido em um segundo líquido. O método inclui fornecer um elemento de extração líquido-líquido, fazer

fluir um primeiro líquido tendo um soluto dissolvido através da primeira camada com canais de fluxo, fazer fluir um segundo líquido através da segunda camada com canais de fluxo e que transfere o soluto do primeiro líquido para o segundo líquido, ao longo das primeira e segunda membranas microporosas. O elemento de extração inclui uma pluralidade de primeiros pares de camadas e uma pluralidade de segundos pares de camadas, cada segundo par de camadas intercalado entre os primeiros pares de camadas e formando uma pilha de camadas. O primeiro par de camadas inclui uma primeira membrana microporosa polimérica, e uma primeira camada de canais de fluxo orientada em uma primeira direção do fluxo possuindo uma entrada de fluido e uma saída de fluido dispostas em primeiros lados opostos do elemento de extração. O segundo par de camadas inclui uma segunda membrana microporosa polimérica e uma segunda camada de canais de fluxo orientada em uma segunda direção de fluxo diferente da primeira direção de fluxo e possuindo uma entrada de fluido e uma saída de fluido dispostas nos segundos lados opostos do elemento de extração. A primeira membrana microporosa está disposta entre o primeiro canal de fluxo e o segundo canal de fluxo.

O resumo acima não se destina a descrever cada uma das modalidades apresentadas ou todas as implementações da presente descrição. As Figuras, a Descrição Detalhada e os Exemplos a seguir, exemplificam mais particularmente essas modalidades.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

A descrição pode ser mais completamente entendida levando-se em consideração a seguinte descrição detalhada das várias modalidades junto com os desenhos em anexo:

5 A Figura 1 é uma vista esquemática em perspectiva de um módulo de membrana de fluxo cruzado ilustrativo;

A Figura 2 é uma vista esquemática em perspectiva de um módulo de membrana de fluxo cruzado ilustrativo, disposto dentro de uma armação;

10 A Figura 3A é uma vista esquemática em seção transversal de um alojamento do módulo de membrana de fluxo cruzado ilustrativo;

A Figura 3B é uma vista esquemática em seção transversal de um módulo de membrana de fluxo cruzado ilustrativo disposto dentro de um alojamento do módulo; e

15 A Figura 4 é um diagrama de fluxo esquemático de um processo de extração líquido-líquido ilustrativo.

Embora a invenção seja adaptável à várias modificações e formas alternativas, as especificações da mesma são mostradas a título de exemplo nos desenhos e serão descritas em detalhes. Deve-se compreender, no entanto, que a intenção não é limitar a invenção às modalidades específicas descritas. Pelo contrário, a intenção é cobrir todas as modificações, equivalentes e alternativas que caiam dentro do espírito e escopo da invenção.

25 DESCRIÇÃO DETALHADA

A presente descrição refere-se a módulos de membrana de fluxo cruzado e sistemas que usam esta para extra-

ir um soluto dissolvido de um primeiro líquido em um segundo líquido.

Para os termos definidos a seguir, essas definições devem ser aplicadas, a não ser que uma definição diferente seja proporcionada nas reivindicações ou em alguma
5 parte deste relatório descritivo.

A menção de faixas numéricas pelas extremidades engloba todos os números incluídos nesta faixa (por exemplo, 1 a 5 inclui 1, 1,5, 2, 2,75, 3, 3, 80, 4 e 5).

10 Conforme usado neste relatório descritivo e nas reivindicações em anexo, as formas singulares "um", "uma", "o" e "a" incluem referências aos plurais, exceto em que o conteúdo determina claramente o contrário. Portanto, por exemplo, a referência a uma composição contendo "uma camada"
15 abrange modalidades tendo duas ou mais camadas. Conforme usado neste relatório descritivo e nas reivindicações em anexo, o termo "ou" é genericamente empregado em seu sentido incluindo "e/ou" exceto em que o conteúdo determina claramente o contrário.

20 Exceto onde indicado em contrário, todas as referências numéricas que expressam atributos de quantidades, medição de propriedades físicas, etc. usadas no relatório descritivo e nas reivindicações devem ser compreendidas no sentido de serem modificadas em todas as instâncias pelo
25 termo "cerca de". Conseqüentemente, exceto onde indicado em contrário, os parâmetros numéricos estabelecidos no relatório descritivo anteriormente mencionado e nas reivindicações em anexo são aproximações que podem variar dependendo

das propriedades desejadas que os versados na técnica pretendem obter através da utilização das técnicas da presente invenção. No mínimo, e não como uma tentativa de limitar a aplicação da doutrina de equivalentes ao escopo das reivindicações, cada parâmetro numérico deve, pelo menos, ser construído à luz do número de algarismos significativos relatados e através da aplicação de técnicas de arredondamento ordinárias. Não obstante os intervalos e parâmetros numéricos que estabelecem o amplo escopo da invenção serem aproximações, os valores numéricos estabelecidos nos exemplos específicos são relatados da forma mais precisa possível. Entretanto, todo valor numérico inerentemente contém determinados erros que resultam necessariamente dos desvios padrão encontrados em suas respectivas medições de teste.

15 Em muitas modalidades, os módulos de extração líquido-líquido incluem folhas de membrana porosa que ficam em camadas alternativamente com folhas de película corrugada para formar uma pilha. As corrugações nas camadas espaçadoras podem servir como canais de fluxo para a passagem de fluidos em ambos os lados da membrana porosa e são abertas para o lado externo da pilha. Em algumas modalidades, cada camada corrugada é orientada em noventa graus com relação à camada corrugada imediatamente acima e abaixo da camada corrugada. Os lacres laterais, formados entre a membrana porosa de uma camada e a camada corrugada abaixo desta (na direção de um sulco corrugado e junto com os lados opostos) canaliza o fluxo na direção do sulco e evita o fluxo na direção transversal. Em algumas modalidades, os lacres de borda entre as camadas

podem ser microesferas de adesivo ou lacrados por ultra-som ou termolacrados. Dessa forma, um módulo de fluxo de extração líquido-líquido bidirecional pode ser criado, no qual um primeiro fluido flui através do módulo em uma primeira direção, 5 passando através dos espaçadores corrugados e da membrana porosa de cada outra camada, entrando em contato com as camadas de membrana porosa uniformemente em um lado; e um segundo fluido é encaminhado ao fluxo através do módulo de extração líquida em uma segunda direção (frequentemente ortogonal) à 10 primeira direção, passando através dos espaçadores corrugados das camadas alternadas à primeira, entrando em contato com as camadas de membrana uniformemente no outro lado.

Em muitas modalidades, o módulo de extração líquida é projetado e configurado para encaixar em uma armação e/ou 15 alojamento quadrado com tubulações em quatro faces laterais (borda) do módulo de extração líquida. Os fluidos entrando no alojamento em dois lados ortogonais podem se distribuir em todas as camadas nas tubulações de entrada, passando através do módulo de extração líquida e sendo coletados nas tubulações de saída. Os lacres podem ser formados ao longo dos cantos 20 situados entre o módulo de extração líquida e o alojamento, para evitar que os dois fluidos ultrapassem e entrem em contato diretamente um com outro. Os lacres podem ser, por exemplo, uma espuma ou borracha macia injetadas. Dessa forma, 25 os dois fluidos entrarão em contato um com outro somente através dos poros da membrana porosa.

Em muitas modalidades, as trajetórias da solução de alimentação e dos extratantes são uniformes por toda a

seção transversal do módulo de extração líquida. Em algumas modalidades, o alojamento é rígido e o módulo é encaixado dentro do alojamento de modo que haja uma expansão mínima do módulo, na medida em que a pressão hidrostática é aplicada.

- 5 Duas pressões diferentes podem ser mantidas para cada fluido. Para a extração por membrana com líquidos imiscíveis, uma pressão mais alta é mantida no fluido que não molha a membrana porosa.

Com um módulo de extração projetado conforme descrito acima, áreas de superfície da membrana porosa são possíveis no mínimo custo, permitindo uma máxima transferência de massa de um soluto entre as fases de alimentação e extração. Estes módulos de extração são convenientes para carga e descarga de um alojamento. A capacidade de produção em um processo pode ser ajustada pela adição ou subtração de módulos.

A estrutura do módulo de extração presta-se a uma montagem automatizada. As camadas podem ser montadas por uma pluralidade de técnicas, descritas a seguir. Em muitas modalidades, durante a montagem, a delicada membrana porosa é somente manipulada quando esta está empilhada e com as bordas lacradas, dessa forma reduzindo possíveis danos às membranas porosas dentro do módulo de extração.

Uma relação parcial de fluidos exemplificadores que podem ser usados com este módulo de extração incluem solventes como álcool decila, 2,6-dimetila-4-heptanol, dodecano ou misturas destes e, fluidos aquosos como etanol ou água, amina aquosa ou cultura em fermentação. Em uma moda-

lidade, a membrana de extração transfere etanol de preferência a partir de uma fase aquosa a uma fase de solvente.

Uma modalidade de um módulo de membrana de fluxo cruzado é mostrada na Figura 1. Este módulo de membrana de
5 fluxo cruzado ou elemento de extração líquido-líquido 100 inclui um primeiro par de camadas 110 e um segundo par de camadas 120. O segundo par de camadas 120 é disposto de maneira adjacente ao primeiro par de camadas 110 formando uma pilha de camadas 150. A pilha de camadas 150 tem eixos x, y
10 e z, conforme mostrado na Figura 1. O eixo z é a direção da espessura da pilha de camadas 150. O eixo x e o eixo y estão ambos em eixos planos da pilha de camadas 150 e são ortogonais um em relação ao outro.

O primeiro par de camadas 110 inclui uma primeira
15 membrana microporosa polimérica 112 e uma primeira camada de canais de fluxo 114 orientada em uma primeira direção de fluxo F_1 (ao longo do eixo x da Figura 1) tendo uma entrada para fluidos 116 e uma saída para fluidos 118 dispostas sobre os primeiros lados opostos do elemento de extração 100
20 (ao longo do eixo y da Figura 1). Dessa forma, na modalidade ilustrativa mostrada na Figura 1, a primeira direção de fluxo F_1 é ortogonal em relação aos primeiros lados opostos do elemento de extração líquido-líquido 100.

O segundo par de camadas 120 inclui uma segunda
25 membrana microporosa polimérica 122 e uma segunda camada de canais de fluxo 124 orientada em uma segunda direção de fluxo F_2 (ao longo do eixo y da Figura 1) diferente da primeira direção de fluxo F_1 e tem uma entrada para fluidos 126 e uma

saída para fluidos 128 dispostas sobre os segundos lados opostos (ao longo do eixo x da Figura 1) do elemento de extração 100. Dessa forma, na modalidade ilustrativa mostrada na Figura 1, a segunda direção de fluxo F_2 é ortogonal em relação aos segundos lados opostos do elemento de extração líquido-líquido 100. A primeira membrana microporosa 112 é mostrada disposta entre a primeira camada com canais de fluxo 114 e a segunda camada com canais de fluxo 124. Em uma modalidade, a primeira direção de fluxo F_1 é ortogonal em relação à segunda direção de fluxo F_2 , mas não é requerida.

Em muitas modalidades, o elemento de extração líquido-líquido 100 inclui uma pluralidade (dois ou mais) dos primeiros pares de camadas 110 e dos segundos pares de camadas 120 alternadas. Em algumas modalidades, o elemento de extração líquido-líquido 100 inclui de 10 a 2000, ou 25 a 1000, ou 50 a 500 primeiros pares de camadas 110 e segundos pares de camadas 120 alternadas empilhados em alinhamento vertical (ao longo do eixo z) em que a primeira direção de fluxo F_1 (ao longo do eixo x) é ortogonal em relação à segunda direção de fluxo F_2 (ao longo do eixo y).

As camadas com canais de fluxo 114 e 124 e as camadas de membrana microporosa 112 e 122 têm espessuras de camada (ao longo do eixo z) de qualquer valor útil. Em muitas modalidades, a primeira camada com canais de fluxo 114 e a segunda camada com canais de fluxo 124, cada tem uma espessura em uma faixa de 10 a 250 ou 25 a 150 micrômetros. Em muitas modalidades, cada uma da primeira membrana microporosa polimérica 112 e da segunda membrana microporosa polimé-

rica 122 tem uma espessura em uma faixa de 1 a 200 ou 10 a 100 micrômetros. O elemento de extração líquido-líquido 100 tem uma espessura total (ao longo do eixo z) de qualquer valor útil. Em algumas modalidades, o elemento de extração líquido-líquido 100 tem uma espessura total (ao longo do eixo z) em uma faixa de 5 a 100 ou 10 a 50 centímetros.

O elemento de extração líquido-líquido 100 pode ter qualquer formato útil. Em muitas modalidades, o elemento de extração líquido-líquido 100 tem um formato. O elemento de extração líquido-líquido 100 tem uma largura (ao longo do eixo y) e um comprimento (ao longo do eixo x) de qualquer valor útil. Em algumas modalidades, o elemento de extração líquido-líquido 100 tem uma largura total (ao longo do eixo y) em uma faixa de 10 a 300 ou 50 a 250 centímetros. Em algumas modalidades, o elemento de extração líquido-líquido 100 tem uma largura total (ao longo do eixo x) em uma faixa de 10 a 300 ou 50 a 250 centímetros. Em uma modalidade, o comprimento do elemento de extração líquido-líquido 100 é igual ou substancialmente igual a sua largura.

A primeira e a segunda camadas com canais de fluxo 114 e 124 podem ser formadas do mesmo ou de material diferente e adotar as mesmas ou diferentes formas, conforme desejado. A primeira e a segunda camadas com canais de fluxo 114, 124 podem permitir que o líquido flua entre a primeira e a segunda membranas microporosas 112 e 122. Em muitas modalidades, a primeira e a segunda camadas com canais de fluxo 114 e 124 podem ser estruturadas de modo que a primeira e a segunda camadas com canais de fluxo 114 e 124 formem ca-

nais de fluxo entre as membranas microporosas 112, 122. Em algumas modalidades, a primeira e a segunda camadas com canais de fluxo 114, 124 são não-porosas e formadas de um material polimérico como, por exemplo, uma poliolefina.

5 Em algumas modalidades, a primeira e a segunda camadas com canais de fluxo 114 e 124 são corrugadas (tendo picos e sulcos alternantes paralelos) para fornecer canais de fluxo entre as membranas microporosas 112 e 122. Em muitas modalidades, as corrugações fornecem canais de fluxo
10 que são paralelos à direção de fluxo. Estas corrugações podem ter qualquer intervalo útil (distância entre picos ou sulcos adjacentes). Em algumas modalidades, as corrugações têm um intervalo em uma faixa de 0,05 a 1 ou de 0,1 a 0,7 centímetro. As corrugações podem ser formadas por qual-
15 quer método útil como, por exemplo, gofragem, moldagem e similares.

Conforme mostrado na Figura 1, um exemplo de configuração do elemento de extração líquido-líquido 100 inclui um primeiro par de camadas 110 que tem uma membrana microporosa
20 polimérica plana 112 e uma primeira camada com canais de fluxo corrugada 114 orientada em uma primeira direção de fluxo F_1 (ao longo do eixo x da Figura 1). Dessa forma, na modalidade ilustrativa mostrada na Figura 1, a primeira direção de fluxo F_1 é paralela às corrugações da primeira camada com ca-
25 nais de fluxo corrugada 114. O segundo par de camadas 120 inclui uma segunda membrana microporosa polimérica plana 122 e uma segunda camada com canais de fluxo corrugada 124 orientada em uma segunda direção de fluxo F_2 (ao longo do eixo y da

Figura 1) ortogonal em relação à primeira direção de fluxo F_1 e paralela às corrugações da segunda camada com canais de fluxo corrugada 124. Dessa forma, na modalidade ilustrativa mostrada, a primeira direção de fluxo F_1 é ortogonal em relação à segunda direção de fluxo F_2 e as corrugações da primeira camada com canais de fluxo corrugada 114 são ortogonais em relação às corrugações da segunda camada com canais de fluxo corrugada 124.

O elemento de extração líquido-líquido 100 pode, opcionalmente, incluir lacres de camada 130, 140 dispostos ao longo das bordas selecionadas do elemento de extração líquido-líquido 100. Os primeiros lacres de camada 130 podem ser formados entre a membrana porosa de uma camada e a camada com canais de fluxo abaixo desta (na direção de fluxo desta camada com canais de fluxo) ao longo dos lados opostos do elemento de extração líquido-líquido 100. Os segundos lacres de camada 140 podem ser formados entre a membrana porosa de uma camada e a camada com canais de fluxo abaixo desta (na direção de fluxo desta camada com canais de fluxo) ao longo dos lados opostos do elemento de extração líquido-líquido 100. Em muitas modalidades, o primeiro e o segundo lacres de camada, 130 e 140 alternam nos lados opostos, conforme mostrado na Figura 1.

Em algumas modalidades, os lacres de camada 130 e 140 entre as camadas podem ser microesferas de adesivo, ou um ultra-som ou um termolacre. Dessa forma, um módulo de fluxo de extração líquido-líquido bidirecional pode ser criado, no qual um primeiro fluido flui através do módulo em

uma primeira direção, passando através dos espaçadores corrugados e da membrana porosa de cada outra camada, entrando em contato com as camadas de membrana porosa uniformemente em um lado; 100 e um segundo fluido é encaminhado ao fluxo através do módulo de extração líquida em uma segunda direção (freqüentemente ortogonal) à primeira direção, passando através dos espaçadores corrugados das camadas alternadas primeiro, entrando em contato com as camadas de membrana uniformemente no outro lado.

10 Em algumas modalidades, uma primeira camada não-tecida porosa (não mostrada) está disposta entre a primeira membrana microporosa polimérica 112 e a primeira camada com canais de fluxo 114 e uma segunda camada não-tecida porosa (não mostrada) está disposta entre a segunda membrana microporosa polimérica 122 e a segunda camada com canais de fluxo 124. Esta camada não-tecida porosa pode ajudar no reforço da camada da membrana microporosa e/ou da camada com canais de fluxo. A camada não-tecida porosa pode ser de qualquer material útil como, por exemplo, uma camada de fi-
15 aço contínua ("spun bond"). Esta camada não-tecida porosa pode ser opcionalmente fixada (adesivo, lacre ultra-sônico, termolacre e similares) à membrana microporosa polimérica e/ou à camada com canais de fluxo.

25 O material usado para a membrana microporosa pode assumir uma ampla variedade de formas. Os materiais da membrana microporosa, normalmente, têm poros dimensionados por micrômetro ou sub-micrômetros (isto é, microporos) que se estendem entre as superfícies principais da membrana. Os mi-

croporos podem ser, por exemplo, isolados ou interconectados. O material da membrana microporosa pode ser formado de qualquer material que tenha microporos através do mesmo, por exemplo, um polímero termoplástico microporoso. O material da
5 membrana microporosa pode ser flexível ou rígido.

Quando utilizada como uma membrana de extração líquida, a composição, tamanho e espessura dos microporos da membrana microporosa podem determinar a taxa de extração. O tamanho dos microporos da membrana microporosa deve ser
10 grande o bastante para possibilitar o contato entre a solução de alimentação e o líquido extratante dentro dos microporos, porém não tão grande a ponto de ocorrer o transbordamento da solução de alimentação através da membrana microporosa no extratante.

15 Materiais da membrana microporosa úteis incluem, por exemplo, materiais hidrofílicos ou hidrofóbicos. As membranas microporosas podem ser preparadas por métodos descritos, por exemplo, na patente de nº US 3.801.404 (Druin et al.); 3.839.516 (Williams et al.); 3.843.761 (Bierenbaum et al.);
20 4.255.376 (Soehngen et al.); 4.257.997 (Soehngen et al.); 4.276.179 (Soehngen); 4.973.434 (Sirkar et al.), e/ou são amplamente disponíveis comercialmente junto à fornecedores como, por exemplo, Celgard, Inc. (Charlotte, North Carolina, EUA), Tetratex, Inc. (Ivyland, Pensilvania, EUA),
25 Nadir Filtration GmbH (Wiesbaden, Alemanha), ou Membrana, GmbH (Wuppertal, Alemanha). As membranas hidrofílicas exemplificadoras incluem membranas de poliamida porosa (por exemplo, náilon poroso), policarbonato poroso, copolí-

mero de álcool vinila etileno poroso e polipropileno hidrofílico poroso. As membranas hidrofóbicas exemplificadoras incluem membranas de polietileno poroso, polipropileno poroso (por exemplo, polipropileno poroso com separação de 5 fases termicamente induzidas) e politetrafluoro etileno poroso.

O tamanho médio dos poros dos materiais úteis da membrana microporosa (por exemplo, conforme medida de acordo com ASTM E1294-89 (1999) "Standard Test Method for Pore Size 10 Characteristics of Membrane Filters Using Automated Liquid Porosimeter") pode ser maior que cerca de 0,07 micrômetro (por exemplo, maior que cerca de 0,1 micrômetro ou maior que cerca de 0,25 micrômetro), e pode ser menor que cerca de 1,4 micrômetros (por exemplo, menor que cerca de 15 0,4 micrômetro ou menor que cerca de 0,3 micrômetro), embora as membranas microporosas tenham tamanhos médios de poros maiores ou menores que também podem ser usados. Com o objetivo de reduzir a formação de emulsão e/ou encharcamento ao longo da membrana, a membrana microporosa pode ser substancialmente isenta de poros, fendas ou outros orifícios que 20 excedem cerca de 100 micrômetros em diâmetro.

Em muitas modalidades, os materiais da membrana microporosa têm uma porosidade na faixa de ao menos cerca de 20 por cento (por exemplo, ao menos cerca de 30 por cento ou 25 ao menos cerca de 40 por cento) até cerca de 80 por cento, cerca de 87 por cento, ou mesmo cerca de 95 por cento, com base no volume do material da membrana microporosa.

Embora os materiais da membrana microporosa de qualquer espessura possam ser usados, conforme descrito acima, em muitas modalidades, as membranas microporosas têm uma espessura de ao menos cerca de 10 micrômetros (por exemplo, ao menos cerca de 25 micrômetros ou pelo menos 35 micrômetros ou pelo menos cerca de 40 micrômetros), e/ou têm uma espessura menor que cerca de 120 micrômetros (por exemplo, menos que cerca de 80 micrômetros ou mesmo menos que cerca de 60 micrômetros). A membrana microporosa pode ser mecanicamente forte o bastante, sozinha ou em combinação com um elemento de suporte poroso opcional, para suportar qualquer diferença de pressão que possa ser imposta ao longo da membrana microporosa sob as condições de operação pretendidas.

Em muitas modalidades, a membrana microporosa inclui, ao menos, um material hidrofóbico (isto é, que não seja espontaneamente molhado por água). Os materiais hidrofóbicos exemplificadores incluem poliolefinas (por exemplo, polipropileno, polietileno, polibutileno, copolímeros de qualquer um dos anteriormente mencionados e, opcionalmente, um monômero etilenicamente insaturado) e combinações destes. Se o material da membrana microporosa for hidrofóbico, uma pressão positiva pode ser aplicada à solução de alimentação contida em relação ao líquido extratante para auxiliar na molhagem da membrana microporosa.

Em algumas modalidades, a membrana microporosa é hidrofílica, por exemplo, um material de membrana hidrofílico de polipropileno poroso que tem um tamanho de poros médio no-

minal na faixa de 0,2 a 0,45 micrômetros (por exemplo, como comercializado sob a designação comercial "GH POLYPRO MEMBRANE" de Pall Life Sciences, Inc., Ann Arbor, Michigan, EUA). Se o material da membrana microporosa for hidrofílico, uma pressão positiva pode ser aplicada ao líquido extratante contido em relação à solução de alimentação contida para facilitar a imobilização da interface líquido-líquido dentro da membrana microporosa. Em algumas modalidades, as membranas microporosas úteis incluem membranas microporosas conforme descrito nas patentes US n°s 3.801.404 (Druin et al.); 3.839.516 (Williams et al.); 3.843.761 (Bierenbaum et al.); 4.255.376 (Soehngen et al.) 4.257.997 (Soehngen et al.) e 4.276.179 (Soehngen); 4.726.989 (Mrozinski); 5.120.594 (Mrozinski); e 5.238.623 (Mrozinski), estando as descrições das mesmas aqui incorporadas, a título de referência.

A Figura 2 é uma vista esquemática em perspectiva de um módulo de membrana de fluxo cruzado ilustrativo disposto dentro de uma armação. O módulo de membrana de fluxo cruzado é descrito acima. Em muitas modalidades, a armação fornece manuseio e proteção do módulo de extração líquido-líquido aprimoradas, enquanto permite, ainda, que o líquido flua através dos lados do módulo de extração líquido-líquido. Em algumas modalidades, a armação coopera com um módulo de alojamento (descrito a seguir) para formar um tipo de encaixe de construção "chave e fechadura" para isolar as fases de extração líquido-líquido (F_1 e F_2) de uma à outra durante o funcionamento do módulo de membrana de fluxo cruzado.

A armação 255 inclui uma pluralidade de elementos de armação 260 dispostos em torno do módulo de extração líquido-líquido 100. Conforme mostrado na Figura 2, a pluralidade de elementos de armação 260 pode estar disposta ao longo das oito bordas laterais do módulo de extração líquido-líquido 100 e é fixada à cada uma para formar um elemento de armação unitário 255 em torno do módulo de extração líquido-líquido 100. Em muitas modalidades, os primeiros lacres laterais 201 estão dispostos sobre os primeiros lados opostos da armação 255 que corresponde à primeira direção de fluxo F_1 e assistem no isolamento da primeira direção de fluxo F_1 do fluxo de fluidos. Em muitas modalidades, os segundos lacres laterais 202 estão dispostos sobre os segundos lados opostos da armação 255 que corresponde à segunda direção de fluxo F_2 e assistem no isolamento da segunda direção de fluxo F_2 do fluxo de fluidos.

Os primeiros lacres laterais 201 podem ser formados de qualquer material útil como um material rígido ou conformável ou uma combinação de rígido e conformável. Em uma modalidade, o primeiro lacre lateral 201 é uma crista de neopreno de material que tem uma altura e uma largura na faixa de 0,5 a 1,5 cm. Em outra modalidade, o primeiro lacre lateral 201 é uma crista de plástico rígido (por exemplo, ABS) de material que tem uma altura e uma largura na faixa de 0,5 a 1,5 cm. Em uma outra modalidade, o primeiro lacre lateral 201 é uma crista plástica que tem uma camada externa formada de um material conformável (por exemplo, neopreno) que tem uma altura e uma largura total na faixa de 0,5 a 1,5 cm.

Os segundos lacres laterais 202 podem ser formados de qualquer material útil como um material rígido ou conformável ou uma combinação de rígido e conformável. Em uma modalidade, o segundo lacre lateral 202 é uma crista de neopreno de material que tem uma altura e uma largura na faixa de 0,5 a 1,5 cm. Em outra modalidade, o segundo lacre lateral 202 é uma crista de plástico rígido (por exemplo, ABS) de material que tem uma altura e uma largura na faixa de 0,5 a 1,5 cm. Em uma outra modalidade, o segundo lacre lateral 202 é uma crista plástica que tem uma camada externa formada de um material conformável (por exemplo, neopreno) que tem uma altura e uma largura total na faixa de 0,5 a 1,5 cm. Em algumas modalidades, o segundo lacre lateral 202 pode, também, funcionar com um trilho de guia ou curso para assistir a colocação e remoção e/ou alinhamento do módulo 100 dentro do alojamento do módulo (descrito a seguir).

A armação 255 pode ser formada de qualquer material útil. Em algumas modalidades, a estrutura 255 é formada de um material polimérico rígido como, por exemplo, ABS. Cada elemento da armação 260 pode independentemente ter qualquer dimensão útil. Em algumas modalidades, cada elemento da estrutura 260 tem uma espessura na faixa de 1 a 15 centímetros e uma largura na faixa de 1 a 15 centímetros e um comprimento suficiente para se estender ao longo da borda lateral adjacente correspondente do módulo de extração líquido-líquido 100.

A Figura 3A é uma vista esquemática em seção transversal de um módulo de membrana de fluxo cruzado ilus-

trativo 300. O alojamento do módulo 300 é dimensionado e configurado para permitir que o módulo de membrana de fluxo cruzado 100 se encaixe dentro do alojamento do módulo 300. O alojamento do módulo 300 pode ser formado de qualquer material útil, como material metálico ou polimérico. Em muitas modalidades, o alojamento do módulo 300 tem uma porção removível ou acesso 301 para permitir que o módulo de extração líquido-líquido 100 seja removido de dentro do alojamento do módulo 300. O alojamento do módulo 300 inclui uma primeira entrada para fluxo de líquidos 316 em conexão fluida com uma primeira saída para fluxo de líquidos 318. O alojamento do módulo 300 inclui uma segunda entrada para fluxo de líquidos 326 em conexão fluida com uma segunda saída para fluxo de líquidos 328. Em muitas modalidades, o alojamento do módulo 300 inclui uma porção removível 303 que permite que o módulo de extração líquido-líquido 100 seja inserido, removido e/ou substituído dentro do alojamento do módulo 300.

Em muitas modalidades, os primeiros lacres laterais 301 estão dispostos sobre os primeiros lados opostos do alojamento do módulo 300 que corresponde à primeira direção de fluxo F_1 e assistem no isolamento da primeira direção de fluxo F_1 do fluxo de fluidos. Em muitas modalidades, os segundos lacres laterais 302 estão dispostos sobre os segundos lados opostos do alojamento do módulo 300 que corresponde à segunda direção de fluxo F_2 e assistem no isolamento da segunda direção de fluxo F_2 do fluxo de fluidos.

Os primeiros lacres laterais 301 podem ser formados de qualquer material útil como um material rígido ou conformável ou uma combinação de rígido e conformável. Em uma modalidade, o primeiro laque lateral 301 é uma crista de neopreno de material que tem uma altura e uma largura na faixa de 0,5 a 1,5 cm. Em outra modalidade, o primeiro laque lateral 301 é uma crista de plástico rígido (por exemplo, ABS) de material que tem uma altura e uma largura na faixa de 0,5 a 1,5 cm. Em uma outra modalidade, o primeiro laque lateral 301 é uma crista plástica que tem uma camada externa formada de um material conformável (por exemplo, neopreno) que tem uma altura e uma largura total na faixa de 0,5 a 1,5 cm. Os primeiros lacres laterais 301 podem ser dimensionados e configurados para se encaixarem (por exemplo, um encaixe chave e fechadura) com os primeiros lacres laterais 201 do módulo da membrana 200.

Os segundos lacres laterais 302 podem ser formados de qualquer material útil como um material rígido ou conformável ou uma combinação de rígido e conformável. Em uma modalidade, o segundo laque lateral 302 é uma crista de neopreno de material que tem uma altura e uma largura na faixa de 0,5 a 1,5 cm. Em outra modalidade, o segundo laque lateral 302 é uma crista de plástico rígido (por exemplo, ABS) de material que tem uma altura e uma largura na faixa de 0,5 a 1,5 cm. Em uma outra modalidade, o segundo laque lateral 302 é uma crista plástica que tem uma camada externa formada de um material conformável (por exemplo, neopreno) que tem uma altura e uma largura total na faixa de 0,5 a 1,5 cm. Em

algumas modalidades, o segundo lacre lateral 302 pode, também, funcionar com um trilho de guia ou curso para assistir a colocação e remoção e/ou alinhamento do módulo 100 dentro do alojamento do módulo (descrito a seguir). Os segundos lacres laterais 302 podem ser dimensionados e configurados para se encaixarem com os segundos lacres laterais 202 do módulo de membrana 200.

A Figura 3B é uma vista esquemática em seção transversal de um módulo de membrana de fluxo cruzado 100 disposto dentro de um alojamento do módulo 300. Quando o módulo de extração líquido-líquido 100 está disposto dentro do alojamento do módulo 300, a primeira entrada para fluxo de líquidos 316 está em conexão fluida com a primeira entrada da camada com canais de fluxo 116, que está em comunicação fluida com a primeira saída da camada com canais de fluxo 118, que está em comunicação fluida com a primeira saída para fluxo de líquidos 318. Quando o módulo de extração líquido-líquido 100 está disposto dentro do alojamento do módulo 300, a segunda entrada para fluxo de líquidos 326 está em conexão fluida com a segunda entrada da camada com canais de fluxo 126, que está em comunicação fluida com a segunda saída da camada com canais de fluxo 128, que está em comunicação fluida com a segunda saída para fluxo de líquidos 328. Em muitas modalidades, o módulo da membrana 200 inclui uma armação 255 que se encaixa com o interior do alojamento do módulo 300, conforme descrito acima.

Em uso, um módulo de extração líquido-líquido 100 descrito acima, pode ser carregado em um alojamento do mó-

dulo 300 e utilizado na extração de um soluto dissolvido a partir de um primeiro líquido a um segundo líquido pelo fluxo de um primeiro líquido que tem um soluto dissolvido através da primeira camada com canais de fluxo, fluindo um
5 segundo líquido através da segunda camada com canais de fluxo e transferindo o soluto do primeiro líquido para o segundo líquido ao longo da primeira e segunda membranas microporosas. O módulo de extração líquido-líquido 100 pode ser substituído com um outro módulo de extração líquido-
10 líquido 100 pela remoção da porção removível 303 do alojamento externo 300, substituindo o módulo de extração líquido-líquido 100 com um segundo módulo de extração líquido-líquido 100, e substituindo a porção removível 303 no alojamento externo 300.

15 A Figura 4 é um diagrama de fluxo esquemático de um processo de extração líquido-líquido ilustrativo 400. Uma extração de etanol ilustrativa de um caldo de fermentação é descrita abaixo, entretanto, o módulo de extração líquido-líquido aqui descrito é aplicável para qualquer processo de
20 extração líquido-líquido.

A matéria prima 410 (por exemplo, água, microorganismos e material fermentável) é colocada em um fermentador 420 e é deixada para formar um caldo de fermentação 422. O caldo de fermentação 422 pode conter, por exemplo, água e um
25 soluto como etanol. O material insolúvel 423 no caldo de fermentação pode ser opcionalmente removido (por exemplo, pela sedimentação e/ou filtração) com uma unidade de purificação 430 e a solução de alimentação resultante 440 é transportada

ao módulo de extração líquido-líquido 450. No módulo de extração líquido-líquido 450, a solução de alimentação 440 e o extratante (ou solvente) 460 são trazidos para contato íntimo um com o outro de modo que o etanol se divida entre a solução de alimentação 440 e o extratante 460. Os solventes ou extratantes adequados 470 para esta modalidade específica são apresentados na patente US 2004/0181101 e estão incorporados a título de referência na presente invenção, nos limites em que não entre em conflito com a presente descrição. O extrato 470, que contém extratante 460 e etanol, é, então, transportado à unidade de recuperação 480 em que o etanol 495, opcionalmente misturado com água, é removido do extrato 470 (por exemplo, pela destilação a vácuo) de modo que o extratante 460 é regenerado e reciclado no módulo de extração líquido-líquido 450. Do mesmo modo, a solução de alimentação extraída 490 retorna ao fermentador 420, que é periodicamente restaurado com matéria prima adicional 410, conforme seja necessário substituir os componentes que foram removidos durante o processo.

As soluções de alimentação 440 para esta modalidade ilustrativa podem incluir água e etanol, e podem ser sob a forma de uma solução, suspensão, dispersão ou similares. Em adição ao etanol e água, a solução de alimentação pode, opcionalmente, conter componentes solúveis ou insolúveis (por exemplo, açúcares fermentáveis, sacarídeos ou polissacarídeos, microorganismos, biomassa). Exemplos de biomassa adequada para o processo de fermentação incluem materiais baseados em açúcar (por exemplo, melado, cana de açúcar

car e beterrabas sacarina); e materiais baseados em amido (por exemplo, milho, trigo, mandioca, cevada, centeio e aveias). Biomassa celulósica que contém primariamente celulose, hemicelulose, e lignina mais teores variáveis de outros materiais também podem ser usadas. Semelhantemente, o microorganismo em fermentação empregado em conexão com a modalidade ilustrativa pode ser qualquer microorganismo conhecido usado no processo de fermentação, incluindo várias espécies de álcool que produzem fungos conhecidos como levedura, bactéria termofílica e várias cepas de bactéria zymomonas.

Para os propósitos desta modalidade ilustrativa, caldos de fermentação úteis podem conter etanol em uma quantidade de, ao menos, 0,5 por cento peso, 2 por cento em peso ou 4 por cento em peso, até, ao menos, 10 por cento em peso com base no peso total do caldo de fermentação, embora concentrações mais altas e mais baixas de etanol possam, também, ser usadas.

Os processos para preparação de caldos de fermentação são bem conhecidos. Os caldos de fermentação podem ser preparados pela combinação de água, um açúcar fermentável (ou precursor do mesmo) e um microorganismo como, por exemplo, levedura de cerveja em um vaso (por exemplo, fermentador, cuba), e mantendo-se a mistura a uma temperatura na qual a fermentação possa ocorrer (por exemplo, na faixa de cerca de 15 graus centígrados a cerca de 45 graus centígrados). Os fermentadores estão comercialmente disponíveis am-

plamente e são descritos, por exemplo, na patente nº US 4.298.693.

Não se deve considerar a presente invenção limitada aos exemplos particulares aqui descritos, porém, de certa forma, deve ser compreendida de modo a cobrir todos os aspectos da invenção razoavelmente estipulados nas reivindicações em anexo. Várias modificações, processos equivalentes, bem como numerosas estruturas para quais é possível a aplicação da presente invenção ficarão imediatamente evidentes para os versados na técnica a que se destina a presente invenção, mediante a revisão do presente relatório descritivo.

EXEMPLOS

Exemplo 1

Preparação de uma Pilha de Membrana com Camadas Vedadas com Adesivo Termofusível

Uma película de polipropileno que tem uma espessura nominal de 0,076 mm (0,003 polegadas) foi gofrada em uma película corrugada que tem canais com profundidade de 1,27 mm (0,05 polegada) com um espaçamento de canais de 3,56 mm (0,14 polegada). Uma manta de polipropileno de fiação contínua (16,96 gramas por metro quadrado (0,5 onças por jardas quadradas)), disponível junto à Hanes Companies, Inc., Conover, NC, EUA) foi selada sonicamente às cristas de um lado da película corrugada em intervalos de 1,59 mm (0,063 polegadas). O lado de fiação contínua deste par sonicamente selado foi laminado a uma membrana de polipropileno microporosa que tem um tamanho dos poros médios de aproxima-

damente 0,35 micrômetros (preparado conforme descrito na patentes nº US 4.726.989 e 5.120.594) usando um adesivo de manta termofusível (PE-85-20, produzido pela Bostik, Inc., Wauwatosa, WI, EUA) para formar um par de camadas. Folhas quadrados de 0,686 metros por 0,686 metros (27 polegadas por 27 polegadas) foram cortadas com facas deste par de camadas. Um adesivo termofusível de microesfera (Polibuteno-1 DP 8910 PC, disponível junto à Basell North America, Inc., Elkton, MD, EUA) foi aplicado ao longo de cada uma das duas bordas opostas da camada corrugada de um primeiro par de camadas, aproximadamente 38 mm (1,5 polegadas) de cada borda, na direção dos canais da película corrugada. Uma segunda folha quadrada de 0,686 metro por 0,686 metro (27 polegadas por 27 polegada) do par de camadas foi orientada de modo que os canais na película corrugada fossem ortogonais em relação à este primeiro par de camadas, e a segunda folha do par de camadas foi pressionada sobre a primeira folha do par de camadas para formar um par de pilhas com duas camadas. O processo foi repetido com o adesivo termofusível adicional e folhas adicionais do par de camadas, com os canais na película corrugada das folhas adicionais do par de camadas sendo ortogonais em relação à esta folha do par de camadas precedente, até que a pilha fosse grossa com aproximadamente 149,4 mm (5,88 polegadas).

25 Cada parte de uma estrutura, que foi usinada com resina acrilonitrila-butadieno-estireno (ABS), foi encaixada em torno da pilha e aderida à cada borda da pilha usando o Adesivo/Selante SILASTIC 732 RTV (disponível junto à Dow

Corning Corp., Midland, MI, EUA) junto com cada borda da pilha. A estrutura teve dois lados opostos e, cada lado adjacente, duas extremidades opostas. Os dois lados opostos da armação foram fresados para ter um guia protuberante para encaixar uma trilha correspondente em cada lado do alojamento. As duas extremidades opostas da armação foram fresados para ter um flange protuberante contínuo, de modo à se encaixarem em um lacre de borracha entre cada extremidade da armação e cada extremidade do alojamento.

10 Exemplo 2

Preparação de uma Pilha de Membrana com Camadas Termolacradas

 Uma folha de 222,3 mm por 222,3 mm (8,75 polegadas por 8,75 polegadas) de uma membrana de polipropileno microporosa que tem um tamanho do poro médio de aproximadamente 0,35 micrômetros (preparado conforme descrito na patentes nº US 4.726.989 e 5.120.594) foi colocada no topo de uma outra folha da membrana que tem as mesmas dimensões e, as duas folhas foram termolacradas juntas, formando lacres laterais, usando um termolacrador Model MP-16 Midwest Pacific, disponível junto à Grainger, Inc., St. Paul, MN, EUA com cerca de 25 mm (1 polegada) de ambas as duas bordas opostas. Este processo foi repetido com treze pares de folhas da membrana adicionais, para fornecer quatorze pares de membranas. Um par de membranas foi colocado no topo de um outro par de modo que as bordas lacradas estivessem alinhadas e, então, cada borda não-selada da folha inferior par superior foi termolacrada à borda não-selada da folha superior do par inferior. Este pro-

cesso foi repetido com os doze pares de folhas restantes para fornecer uma pilha de quatorze pares (vinte e oito folhas), nos quais haviam canais de fluxo contínuas intercalados (isto é, ortogonais) entre as folhas sucessivas na pilha. Cada canto da pilha foi cortado para formar um entalhe quadrado de 25 mm (uma polegada) fornecendo um encaixe em um alojamento de policarbonato, conforme descrito abaixo.

Uma película de polipropileno que tem uma espessura nominal de 0,075 mm (0,003 polegadas) foi gofrada em uma película corrugada que tem canais com profundidade de 1,27 mm (0,05 polegada) com um espaçamento de canais de 3,56 mm (0,14 polegada). A película gofrada foi cortada em tiras com dimensões de 222,3 mm (8,75 polegadas) por aproximadamente 165 mm (6,5 polegadas), e estas tiras foram inseridas nos canais de fluxo contínuas entre as folhas na pilha, com os canais na película gofrada estando paralelas aos lacres laterais. Cada canto desta pilha foi vedado com adesivo à base de epóxi de duas partes (DP-100, disponível junto à 3M Company, St. Paul, MN, EUA) pela injeção do adesivo entre cada camada, incluindo as camadas de polietileno corrugadas.

A pilha de membrana microporosa de polietileno corrugada foi lacrada em uma parte de um alojamento de policarbonato retangular pela colocação do adesivo à base de epóxi de duas partes nos cantos do alojamento, colocando a pilha no alojamento, e, então, permitindo que o adesivo à base de epóxi fosse curado em cada um dos quatro cantos. Estes cantos foram, ainda, lacrados pela aplicação do Adesivo/Selante SILASTIC 732 RTV (disponível junto à Dow Cor-

ning Corp., Midland, MI, EUA) junto com cada borda do adesivo à base de epóxi curado no alojamento. Uma guarnição em neopreno foi usada para lacrar uma segunda parte do alojamento de policarbonato retangular com a primeira parte, as
5 duas partes foram mantidas juntas com cavilhas, para formar um módulo de membrana de fluxo cruzado. Cada lado do alojamento teve uma porta rosqueada tendo um diâmetro de aproximadamente 12,7 mm (0,5 polegadas) e uma válvula foi encaixada em cada porta, as válvulas em lados opostos sendo conectadas através dos canais de fluxo contínuos entre as fo-
10 lhas na pilha.

Uma solução aquosa de etanol com 10 por cento em peso foi bombeada através da válvula em um lado do módulo (uma válvula de entrada) e foi direcionada através do módulo
15 e através da válvula no lado oposto (uma válvula de saída). Álcool decila (disponível junto à Sigma-Aldrich Corp., St. Louis, MO, EUA) foi bombeado através da válvula (uma válvula de entrada) sobre um lado que sustenta a válvula, através da qual a solução de etanol foi bombeada. O álcool decila foi
20 direcionado através do módulo e através da válvula (uma válvula de saída) no lado oposto. Uma pressão de aproximadamente 40 centímetros de água foi mantida na canais de etanol aquoso, enquanto que uma pressão de aproximadamente 30 centímetros de água foi mantida na canais de álcool decila,
25 la, a pressão foi controlada usando as válvulas de saída. Após aproximadamente cinco minutos, a análise do álcool decila pela cromatografia à gás indicou que o álcool decila continha etanol.

A presente invenção foi descrita com referência à várias modalidades destas. A descrição detalhada anteriormente mencionada e os exemplos foram fornecidos somente por uma questão de clareza de entendimento e nenhuma limitação
5 desnecessária deve ser inferida das mesmas. Ficará aparente para versados na técnica que muitas alterações podem ser feitas nas modalidades descritas sem que se afaste do escopo e do espírito da invenção. Dessa forma, o escopo da invenção não deve ser limitado aos detalhes exatos das composições e estruturas aqui descritas, a não ser pela linguagem das reivindicações que seguem. As descrições completas das patentes, dos documentos de patente e das publicações citadas no presente documento estão aqui incorporadas a título de referência em sua totalidade como se cada uma estivesse individualmente incorporada. Em caso de qualquer conflito,
10 o presente relatório descritivo, incluindo definições, deve controlar.
15

REIVINDICAÇÕES

1. Elemento de extração líquido-líquido

CARACTERIZADO por compreender:

um primeiro par de camadas compreendendo:

5 uma primeira membrana microporosa polimérica; e

uma primeira camada de canais de fluxo orientada em uma primeira direção de fluxo possuindo uma entrada de fluido e uma saída de fluido dispostas em primeiros lados opostos do elemento de extração;

10 um segundo par de camadas disposto adjacente ao primeiro par de camadas formando uma pilha de camadas, o segundo par de camadas compreendendo:

uma segunda membrana microporosa polimérica; e

15 uma segunda camada de canais de fluxo orientada em uma segunda direção de fluxo diferente da primeira direção de fluxo e possuindo uma entrada de fluido e uma saída de fluido dispostas sobre os segundos lados opostos do elemento de extração;

20 sendo que, a primeira membrana microporosa está disposta entre o primeiro canal de fluxo e o segundo canal de fluxo.

2. Elemento de extração líquido-líquido, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a primeira direção de fluxo é ortogonal à segunda direção de
25 fluxo.

3. Elemento de extração líquido-líquido, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** adicionalmente pelo fa-

to de que compreende uma pluralidade de primeiros pares de camadas e segundos pares de camadas alternantes.

4. Elemento de extração líquido-líquido, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** adicionalmente pelo fato de que compreende de 25 a 250 primeiros pares de camadas e segundos pares de camadas alternantes.

5. Elemento de extração líquido-líquido, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a primeira camada de canais de fluxo e a segunda camada de canais de fluxo possuem uma estrutura corrugada e a primeira membrana microporosa polimérica e a segunda membrana microporosa polimérica possuem uma estrutura plana.

6. Elemento de extração líquido-líquido, de acordo com a reivindicação 1, adicionalmente **CARACTERIZADO** pelo fato de que compreende um adesivo disposto entre a primeira membrana microporosa polimérica e a primeira camada de canais de fluxo.

7. Elemento de extração líquido-líquido, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** adicionalmente pelo fato de que compreende um adesivo disposto dentro da camada do primeira canal de fluxo adjacente e ao longo dos segundos lados opostos e disposto dentro da segunda camada de canais de fluxo adjacente e ao longo dos primeiros lados opostos.

8. Elemento de extração líquido-líquido, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a primeira camada de canais de fluxo é vedada adjacente e ao longo dos segundos lados opostos e a segunda camada de ca-

nais de fluxo é vedada adjacente e ao longo dos primeiros lados opostos.

9. Elemento de extração líquido-líquido, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a primeira camada de canais de fluxo e a segunda camada de canais de fluxo possuem uma espessura em uma faixa de 25 a 150 micrômetros e a primeira membrana microporosa polimérica e a segunda membrana microporosa polimérica têm uma espessura em uma faixa de 1 a 100 micrômetros.

10. Elemento de extração líquido-líquido, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** adicionalmente pelo fato de que compreende uma primeira camada não-tecida porosa disposta entre a primeira membrana microporosa polimérica e a primeira camada de canais de fluxo e uma segunda camada não tecida porosa disposta entre a segunda membrana microporosa polimérica e a segunda camada de canais de fluxo.

11. Elemento de extração líquido-líquido, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** adicionalmente pelo fato de que compreende uma armação rígida disposta em torno da pilha de camadas.

12. Elemento de extração líquido-líquido, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** adicionalmente pelo fato de que compreende uma armação rígida disposta em torno da pilha de camadas e um alojamento externo rígido disposto em torno da armação rígida e o alojamento externo rígido possuindo uma parte removível para permitir que a armação rígida e a pilha de camadas sejam removidas do alojamento externo.

13. Método de extração de um soluto dissolvido a partir de um primeiro líquido para um segundo líquido, **CARACTERIZADO** pelo fato de que compreende:

5 fornecer um elemento de extração líquido-líquido compreendendo:

uma pluralidade de primeiros pares de camadas, cada par de camadas compreendendo:

uma primeira membrana microporosa polimérica; e

10 uma primeira camada de canais de fluxo orientada em uma primeira direção de fluxo tendo uma entrada de fluido e uma saída de fluido dispostas em primeiros lados opostos do elemento de extração;

uma pluralidade de segundos pares de camadas, cada segundo par de camadas intercalado entre os primeiros pares de camadas e formando uma pilha de camadas, o segundo par de
15 camadas compreendendo:

uma segunda membrana microporosa polimérica; e

20 uma segunda camada de canais de fluxo orientada em uma segunda direção de fluxo diferente da primeira direção de fluxo e tendo uma entrada de fluido e uma saída de fluido dispostas em segundos lados opostos do elemento de extração;

sendo que a primeira membrana microporosa é disposta entre o primeiro canal de fluxo e o segundo canal de fluxo.

25 fazer fluir um primeiro líquido tendo um soluto dissolvido através da primeira camada de canais de fluxo;

fazer fluir de um segundo líquido através da segunda camada de canais de fluxo; e

transferir o soluto do primeiro líquido para o segundo líquido através da primeira e da segunda membranas microporosas.

14. Método, de acordo com a reivindicação 13,
5 **CARACTERIZADO** pelo fato de que a etapa de fazer fluir um primeiro líquido compreende fluir um primeiro líquido tendo um soluto dissolvido através da primeira camada de canais de fluxo, em uma direção ortogonal à direção de fluxo de um segundo líquido através da segunda camada de canais de fluxo.

10 15. Método, de acordo com a reivindicação 13,
CARACTERIZADO pelo fato de que a etapa de fornecimento compreende fornecer um elemento de extração líquido-líquido compreendendo primeiras camadas de canais de fluxo corrugadas e segundas camadas de canais de fluxo corrugadas e pri-
15 meiras membranas microporosas planas e segundas membranas microporosas planas.

16. Método, de acordo com a reivindicação 13,
CARACTERIZADO pelo fato de que a etapa de fornecimento compreende fornecer um elemento de extração líquido-líquido
20 compreendendo primeiras camadas de canais de fluxo que são vedadas adjacente e ao longo dos segundos lados opostos e segundas camadas de canais de fluxo que são vedadas adjacente e ao longo dos primeiros lados opostos.

17. Método, de acordo com a reivindicação 13,
25 **CARACTERIZADO** pelo fato de que a etapa de fornecimento compreende fornecer um elemento de extração líquido-líquido compreendendo ainda uma armação disposta em torno da pilha de camadas e colocar a armação e a pilha de camadas dentro de um

alojamento externo, o alojamento externo tendo uma primeira entrada de líquido, uma primeira saída de líquido, uma segunda entrada de líquido, e uma segunda saída de líquido, e uma porção removível para permitir que a armação rígida e a pilha de camadas sejam removidas do alojamento externo.

18. Método, de acordo com a reivindicação 13, **CARACTERIZADO** pelo fato de que compreende ainda remover a porção removível do alojamento externo, substituir a pilha de camadas por uma segunda pilha de camadas, e recolocar a porção removível no alojamento externo.

19. Sistema de extração líquido-líquido **CARACTERIZADO** pelo fato de que compreende:

um recipiente de solução de alimentação contendo um volume de uma solução de alimentação, a solução de alimentação compreendendo um primeiro líquido tendo um soluto dissolvido;

um recipiente de solvente contendo um volume de um solvente;

um elemento de extração líquido-líquido compreendendo:

uma pluralidade de primeiros pares de camadas em comunicação de fluido com o recipiente de solução de alimentação, cada par de camadas compreendendo:

uma primeira membrana microporosa polimérica; e
uma primeira camada de canais de fluxo orientada em uma primeira direção de fluxo tendo uma entrada de fluido e uma saída de fluido dispostas em primeiros lados opostos do elemento de extração;

uma pluralidade de segundos pares de camadas em comunicação de fluido com o recipiente de solvente, cada segundo par de camadas alternando entre os primeiros pares de camada e formando uma pilha de camadas, o segundo par de camadas compreendendo:

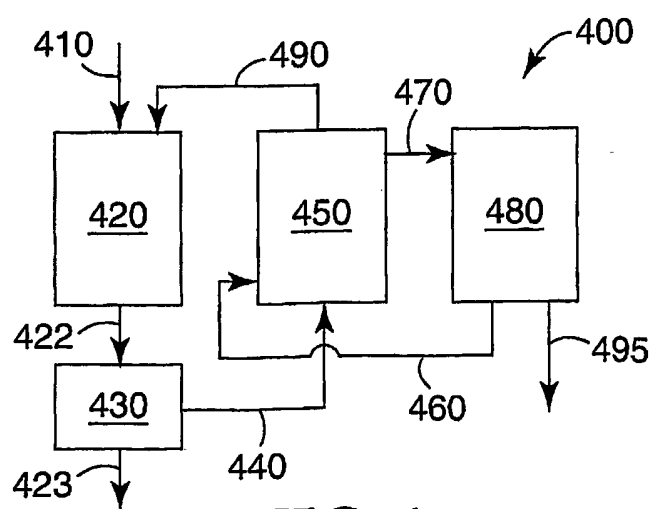
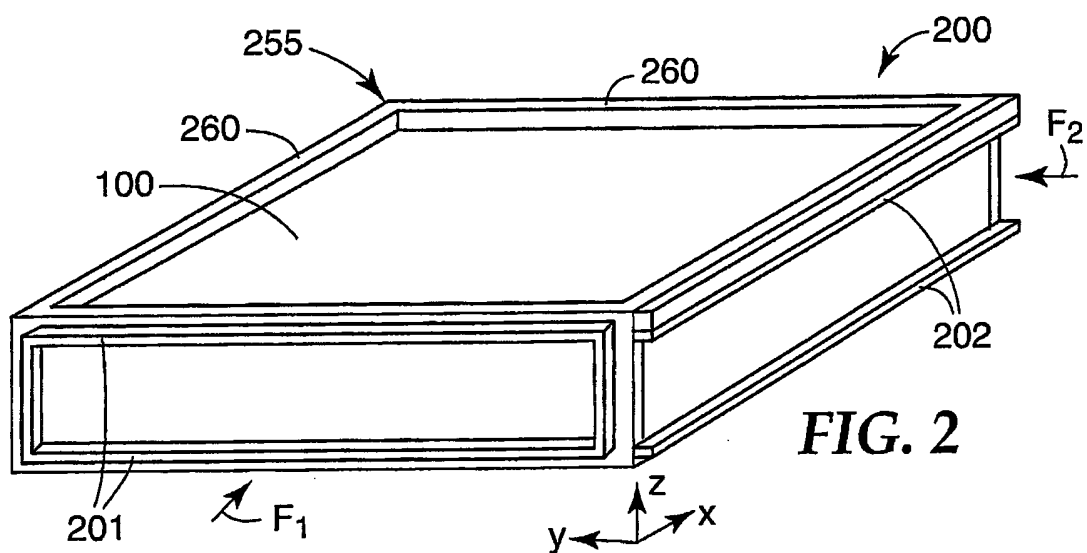
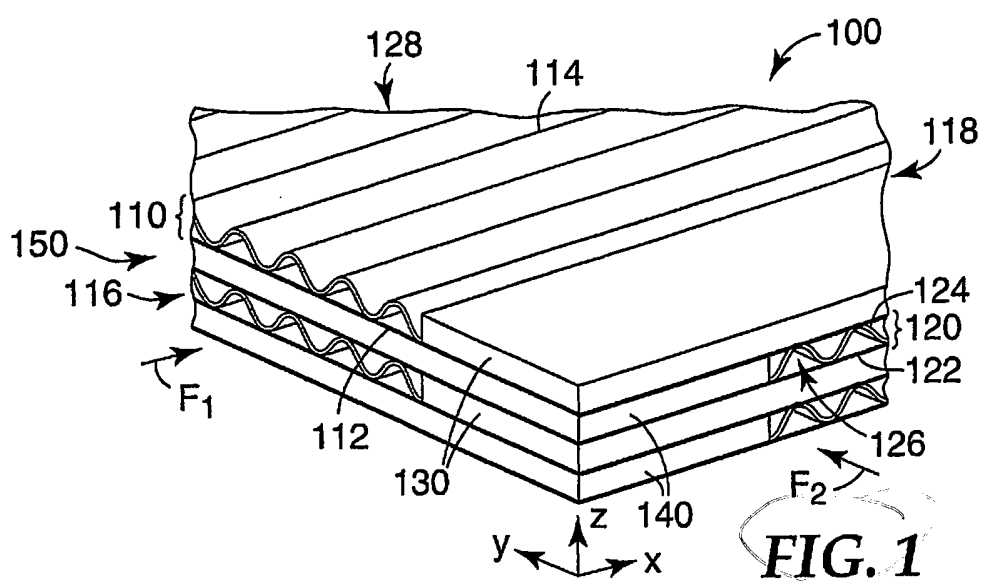
uma segunda membrana microporosa polimérica; e

uma segunda camada de canais de fluxo orientada em uma segunda direção de fluxo diferente da primeira direção de fluxo e tendo uma entrada de fluido e uma saída de fluido dispostas em segundos lados opostos do elemento de extração;

sendo que a primeira membrana microporosa é disposta entre o primeiro canal de fluxo e o segundo canal de fluxo. e

sendo que o soluto da solução de alimentação pode se transferir para o solvente através da primeira e segunda membranas microporosas.

20. Sistema de extração líquido-líquido, de acordo com a reivindicação 19, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a primeira direção de fluxo é ortogonal à segunda direção de fluxo.



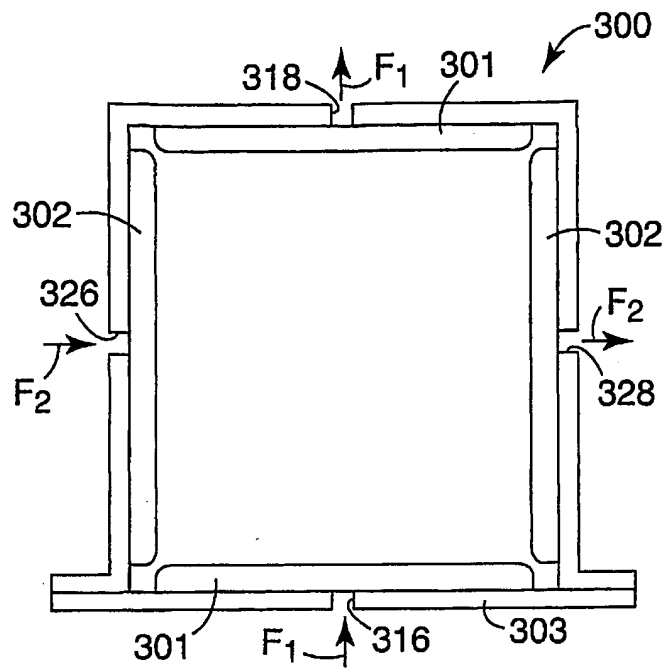


FIG. 3A

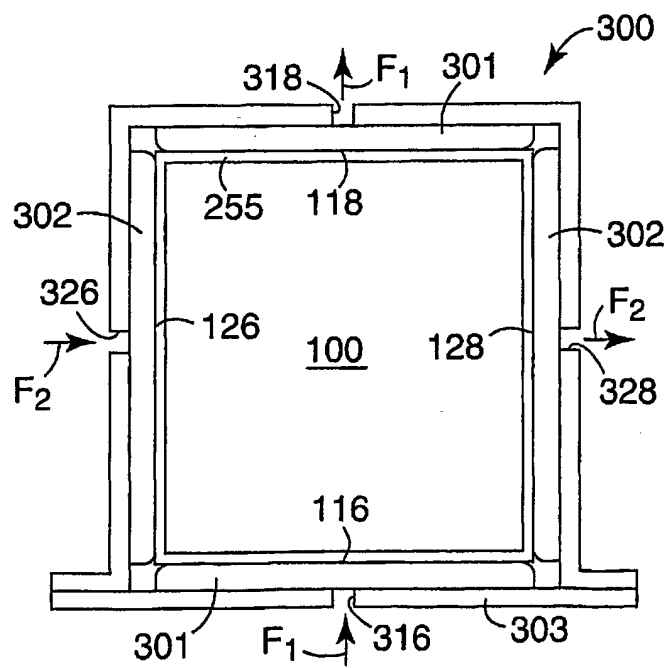


FIG. 3B

RESUMO"MÓDULO DE MEMBRANA DE FLUXO CRUZADO"

Elementos de extração líquido-líquido são descritos. Um elemento de extração líquido-líquido inclui um primeiro par de camadas e um segundo par de camadas disposto adjacente ao primeiro par de camadas formando uma pilha de camadas. O primeiro par de camadas inclui uma primeira membrana microporosa polimérica, e uma primeira camada de canais de fluxo orientada em uma primeira direção do fluxo possuindo uma entrada de fluido e uma saída de fluido dispostas em primeiros lados opostos do elemento de extração. O segundo par de camadas inclui uma segunda membrana microporosa polimérica e uma segunda camada de canais de fluxo orientada em uma segunda direção de fluxo diferente da primeira direção de fluxo e possuindo uma entrada de fluido e uma saída de fluido dispostas nos segundos lados opostos do elemento de extração. A primeira membrana microporosa está disposta entre o primeiro canal de fluxo e o segundo canal de fluxo. Métodos de extrair um soluto dissolvido de um primeiro líquido para um segundo líquido são também descritos.

PÁGINAS MODIFICADAS
(SOLICITADA PELA REQUERENTE)

REIVINDICAÇÕES

1. Elemento de extração líquido-líquido

CARACTERIZADO por compreender:

um primeiro par de camadas compreendendo:

5 uma primeira membrana microporosa polimérica; e

uma primeira camada de canais de fluxo orientada em uma primeira direção de fluxo possuindo uma entrada de fluido e uma saída de fluido dispostas em primeiros lados opostos do elemento de extração;

10 um segundo par de camadas disposto adjacente ao primeiro par de camadas formando uma pilha de camadas, o segundo par de camadas compreendendo:

uma segunda membrana microporosa polimérica; e

15 uma segunda camada de canais de fluxo orientada em uma segunda direção de fluxo diferente da primeira direção de fluxo e possuindo uma entrada de fluido e uma saída de fluido dispostas sobre os segundos lados opostos do elemento de extração;

20 sendo que, a primeira membrana microporosa está disposta entre o primeiro canal de fluxo e o segundo canal de fluxo.

2. Elemento de extração líquido-líquido, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a primeira direção de fluxo é ortogonal à segunda direção de
25 fluxo.

3. Elemento de extração líquido-líquido, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** adicionalmente pelo fa-

to de que compreende uma pluralidade de primeiros pares de camadas e segundos pares de camadas alternantes.

4. Elemento de extração líquido-líquido, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a primeira camada de canal de fluxo e a segunda camada de canal de fluxo possuem uma estrutura corrugada e a primeira membrana microporosa polimérica e a segunda membrana microporosa polimérica possuem uma estrutura plana.

5. Elemento de extração líquido-líquido, de acordo com a reivindicação 1, adicionalmente **CARACTERIZADO** pelo fato de que compreende um adesivo disposto entre a primeira membrana microporosa polimérica e a primeira camada de canais de fluxo.

6. Elemento de extração líquido-líquido, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** adicionalmente pelo fato de que compreende um adesivo disposto dentro da camada do primeira canal de fluxo adjacente e ao longo dos segundos lados opostos e disposto dentro da segunda camada de canais de fluxo adjacente e ao longo dos primeiros lados opostos.

7. Elemento de extração líquido-líquido, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a primeira camada de canais de fluxo é vedada adjacente e ao longo dos segundos lados opostos e a segunda camada de canais de fluxo é vedada adjacente e ao longo dos primeiros lados opostos.

8. Método de extração de um soluto dissolvido a partir de um primeiro líquido para um segundo líquido, **CARACTERIZADO** pelo fato de que compreende:

fornecer um elemento de extração líquido-líquido compreendendo:

uma pluralidade de primeiros pares de camadas, cada par de camadas compreendendo:

5 uma primeira membrana microporosa polimérica; e

 uma primeira camada de canais de fluxo orientada em uma primeira direção de fluxo tendo uma entrada de fluido e uma saída de fluido dispostas em primeiros lados opostos do elemento de extração;

10 uma pluralidade de segundos pares de camadas, cada segundo par de camadas intercalado entre os primeiros pares de camadas e formando uma pilha de camadas, o segundo par de camadas compreendendo:

 uma segunda membrana microporosa polimérica; e

15 uma segunda camada de canais de fluxo orientada em uma segunda direção de fluxo diferente da primeira direção de fluxo e tendo uma entrada de fluido e uma saída de fluido dispostas em segundos lados opostos do elemento de extração;

 sendo que a primeira membrana microporosa é dis-
20 posta entre o primeiro canal de fluxo e o segundo canal de fluxo.

 fazer fluir um primeiro líquido tendo um soluto dissolvido através da primeira camada de canais de fluxo;

 fazer fluir de um segundo líquido através da se-
25 gunda camada de canais de fluxo; e

 transferir o soluto do primeiro líquido para o segundo líquido através da primeira e da segunda membranas microporosas.

9. Método, de acordo com a reivindicação 8, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a etapa de fazer fluir um primeiro líquido compreende fluir um primeiro líquido tendo um soluto dissolvido através da primeira camada de canais de fluxo, em uma direção ortogonal à direção de fluxo de um segundo líquido através da segunda camada de canais de fluxo.

10. Método, de acordo com a reivindicação 8, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a etapa de fornecimento compreende fornecer um elemento de extração líquido-líquido compreendendo primeiras camadas de canais de fluxo corrugadas e segundas camadas de canais de fluxo corrugadas e primeiras membranas microporosas planas e segundas membranas microporosas planas.

11. Método, de acordo com a reivindicação 8, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a etapa de fornecimento compreende fornecer um elemento de extração líquido-líquido compreendendo primeiras camadas de canais de fluxo que são vedadas adjacente e ao longo dos segundos lados opostos e segundas camadas de canais de fluxo que são vedadas adjacente e ao longo dos primeiros lados opostos.

12. Sistema de extração líquido-líquido **CARACTERIZADO** pelo fato de que compreende:

um recipiente de solução de alimentação contendo um volume de uma solução de alimentação, a solução de alimentação compreendendo um primeiro líquido tendo um soluto dissolvido;

um recipiente de solvente contendo um volume de um solvente;

um elemento de extração líquido-líquido compreendendo:

uma pluralidade de primeiros pares de camadas em comunicação de fluido com o recipiente de solução de alimentação, cada par de camadas compreendendo:

uma primeira membrana microporosa polimérica; e

uma primeira camada de canais de fluxo orientada em uma primeira direção de fluxo tendo uma entrada de fluido e uma saída de fluido dispostas em primeiros lados opostos do elemento de extração;

uma pluralidade de segundos pares de camadas em comunicação de fluido com o recipiente de solvente, cada segundo par de camadas alternando entre os primeiros pares de camada e formando uma pilha de camadas, o segundo par de camadas compreendendo:

uma segunda membrana microporosa polimérica; e

uma segunda camada de canais de fluxo orientada em uma segunda direção de fluxo diferente da primeira direção de fluxo e tendo uma entrada de fluido e uma saída de fluido dispostas em segundos lados opostos do elemento de extração;

sendo que a primeira membrana microporosa é disposta entre o primeiro canal de fluxo e o segundo canal de fluxo. e

sendo que o soluto da solução de alimentação pode se transferir para o solvente através da primeira e segunda membranas microporosas.

13. Sistema de extração líquido-líquido, de acordo com a reivindicação 12, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a

primeira direção de fluxo é ortogonal à segunda direção de fluxo.