



República Federativa do Brasil
Ministério da Economia
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(11) PI 0715624-3 B1

(22) Data do Depósito: 27/08/2007

(45) Data de Concessão: 07/05/2019



(54) Título: MÉTODO PARA GERENCIAR O CONTEÚDO ORGÂNICO VOLÁTIL EM POLIOLEFINA

(51) Int.Cl.: G05B 17/02; G05B 13/04.

(30) Prioridade Unionista: 25/08/2006 US 60/840.163.

(73) Titular(es): CHEVRON PHILLIPS CHEMICAL COMPANY LP.

(72) Inventor(es): TIMOTHY O. ODI.

(86) Pedido PCT: PCT US2007018863 de 27/08/2007

(87) Publicação PCT: WO 2008/024517 de 28/02/2008

(85) Data do Início da Fase Nacional: 20/02/2009

(57) Resumo: MÉTODO PARA GERENCIAR O CONTEÚDO ORGÂNICO VOLÁTIL EM POLIOLEFINA A presente invenção relaciona-se geralmente à produção de poliolefina e à redução do conteúdo 5 orgânico volátil (VOC) associado com a poliolefina. Técnicas incluem a construção e implementação de um modelo de coluna de purga para calcular ou estimar o conteúdo de VOC na poliolefina que sai da coluna de purga. As técnicas facilitam o projeto e a operação do processo de produção de poliolefina.

MÉTODO PARA GERENCIAR O CONTEÚDO ORGÂNICO VOLÁTIL EM**POLIOLEFINA****FUNDAMENTOS DA INVENÇÃO****PEDIDOS RELACIONADOS**

5 Este pedido reivindica o benefício 35 U.S.C. § 119(e) do Pedido de Patente U. S. Provisório de número 60/840.163 depositado em 25 de agosto de 2006.

CAMPO TÉCNICO

10 A presente invenção está relacionada de forma geral a produção de poliolefina e a redução de conteúdo orgânico volátil (VOC) associado com a poliolefina. Técnicas incluem a construção e implementação de um modelo de coluna de purga para calcular ou estimar o conteúdo de VOC na corrente de poliolefina deixando a coluna de purga. As
15 técnicas facilitam o desenho e operação do processo de fabricação de poliolefina.

DESCRIÇÃO DE TÉCNICA RELACIONADA

20 Esta seção pretende introduzir o leitor aos aspectos da técnica e que podem estar relacionados a aspectos da presente invenção, que são descritos e/ou reivindicados abaixo. Acredita-se que esta discussão seja útil para fornecer ao leitor informação de fundamentação para facilitar um melhor entendimento dos vários aspectos da presente invenção. Desta forma, deve ser entendido que
25 estas afirmações devem ser lidas a esta luz e não como aceitação do estado da técnica.

 À medida que tecnologias químicas e petroquímicas têm avançado, os produtos destas tecnologias têm se tornado crescentemente predominantes na sociedade. Em particular,
30 as técnicas para ligação de blocos de construção

moleculares simples em cadeias mais longas (ou polímeros) avançaram, os produtos poliméricos, tipicamente sob a forma de vários plásticos, têm sido, de forma crescente, incorporados em vários itens do cotidiano. Por exemplo, polímeros de poliolefina, como polietileno, polipropileno e seus copolímeros, são utilizados para embalagens comerciais e farmacêuticas, embalagens de alimentos e bebidas (como garrafas de suco e refrigerante), recipientes domésticos (como baldes e caixas), itens domésticos (como utensílios, mobília, tapetes e brinquedos), componentes automotivos, tubos, conduítes e vários produtos industriais.

Tipos específicos de poliolefinas, como polietileno de alta densidade (HDPE), possui aplicações particulares na fabricação de artigos moldados por sopragem e moldados por injeção, como recipientes de alimentos e bebidas, filme e tubos plásticos. Outros tipos de poliolefinas, como polietileno de baixa densidade (LDPE), polietileno de baixa densidade linear (LLDPE), polipropileno isotático (iPP) e polipropileno sindiotático (sPP) são também adequados para aplicações similares. As exigências mecânicas da aplicação, como resistência à tração e densidade, e/ou as exigências químicas, como estabilidade térmica, peso molecular e reatividade química, tipicamente determinam que tipo de poliolefina é adequado.

Um benefício da construção de poliolefina, conforme pode ser deduzido a partir da lista de usos acima, é que a mesma é geralmente não reativa com artigos ou produtos com os quais está em contato. Isto permite que produtos de poliolefina sejam utilizados em contextos residenciais, comerciais e industriais, incluindo armazenamento e

transporte de alimentos e bebidas, eletrônicos, agricultura, construção naval e veicular. A ampla variedade de usos residenciais, comerciais e industriais para poliolefinas se traduziu em uma demanda substancial por poliolefina bruta, que pode ser extrusada, injetada, soprada ou de outra forma formada em um produto ou componente de consumo.

Para satisfazer esta demanda, vários processos existem através dos quais as olefinas podem ser polimerizadas para formar poliolefinas. Estes processos podem ser executados próximos a ou em instalações petroquímicas, que fornecem pronto acesso às moléculas de olefina de cadeia curta (monômeros e comonômeros), como etileno, propileno, buteno, penteno, hexeno, octeno, deceno e outros blocos de construção dos polímeros de poliolefina muito maiores. Estes monômeros e comonômeros podem ser polimerizados em um reator de polimerização de fase líquida e/ou reator de polimerização de fase gasosa para formar um produto compreendendo particulados sólidos poliméricos (poliolefina), tipicamente chamados de felpa ou grânulos. A felpa pode possuir uma ou mais propriedades de fusão, física, reológica e/ou mecânica de interesse, como densidade, índice de fusão (MI), taxa de fluxo de fusão (MFR), conteúdo de copolímero, conteúdo de comonômero, módulo e cristalinidade. As condições de reação no interior do reator, como temperatura, pressão, concentrações químicas, taxa de produção de polímero, e assim por diante, podem ser selecionadas para se atingir as propriedades de felpa desejadas.

Adicionalmente a um ou mais monômeros de olefina, um

catalisador para facilitar a polimerização dos monômeros pode ser adicionado ao reator. Por exemplo, o catalisador pode ser uma partícula adicionada através de uma corrente de alimentação de reator, uma vez adicionado, suspenso no meio fluido no interior do reator. Um exemplo de tal catalisador é um óxido de cromo contendo cromo hexavalente em um suporte de sílica.

Além disso, um diluente pode ser introduzido no reator de poliolefina. O diluente pode ser um solvente inerte e/ou hidrocarboneto inerte, como isobutano, propano, n-pentano, i-pentano, neopentano e n-hexano, o qual é líquido em condições de reação. Entretanto, alguns processos de polimerização podem não empregar um diluente separado, como no caso de exemplos selecionados de produção de polipropileno, onde o monômero de propileno age, ele mesmo, como o diluente. Em geral, o diluente pode facilitar a circulação da mistura semifluida de polímero no reator, a remoção de calor da mistura semifluida de polímero no reator e assim por diante.

A descarga de mistura semifluida do reator tipicamente inclui a felpa de polímero assim como componentes não poliméricos, como monômero (e comonômero) de olefina não reagido, diluente e assim por diante. No caso da produção de polietileno, os componentes não poliméricos tipicamente compreendem, principalmente, diluente, como isobutano, possuindo uma pequena quantidade de etileno não reagido (por exemplo, 5% em peso). Esta corrente de descarga é geralmente processada, tal como por um sistema de recuperação de diluente/monômero (por exemplo, recipiente de vaporização ou recipiente de separação, coluna de purga,

etc) para separar os componentes não poliméricos da felpa polimérica.

O diluente, monômero não reagido e outros componentes não poliméricos recuperados do sistema de recuperação podem ser tratados, como em leitos de tratamento e/ou sistema de fracionamento e, finalmente, retornado como alimentação purificada ou tratada ao reator. Alguns dos componentes podem ser queimados ou devolvidos ao fornecedor, como a uma instalação de fabricação de olefina ou refinaria de petróleo. Quanto ao polímero recuperado (sólidos), o polímero pode ser tratado para desativar catalisadores residuais, remover hidrocarbonetos atrelados ou dissolvidos. Secar o polímero e peletizar o polímero em uma extrusora, e assim por diante, antes que o polímero seja enviado ao consumidor.

O negócio competitivo da produção de poliolefina leva fabricantes à contínua melhoria de seus processos a fim de reduzir os custos de produção, atender preocupações ambientais, e assim por diante. Em uma indústria onde bilhões de quilogramas de produto de poliolefina são produzidos por ano, pequenas melhorias incrementais podem resultar em benefícios econômicos significativos, progresso ambiental e assim pro diante.

Um problema particular em produção de poliolefina é influência indesejada de orgânicos voláteis (por exemplo, diluente, monômero, e outros hidrocarbonetos) com e nas partículas de felpa polimérica deixando a "extremidade úmida" do processo de fabricação de poliolefina (por exemplo, deixando uma coluna de purga no sistema de recuperação de monômero/diluente). Esta corrente de

- partículas de felpa deixando a extremidade úmida é
geralmente transferida até a "extremidade seca" (por
exemplo, através de um sistema de transporte pneumático)
onde a felpa pode ser armazenada em silos, extrusada em
5 pelotas e então carregada como pelotas em recipientes ou
carrinhos, e similares. O hidrocarboneto na corrente de
felpa polimérica deixando a extremidade úmida (por exemplo,
deixando uma coluna de purga) pode estar atrelado à felpa
polimérica, dissolvida na felpa polimérica, absorvida e/ou
10 adsorvida na felpa polimérica, contida em poros da felpa
polimérica, e assim por diante. O hidrocarboneto pode ser
liberado, de forma indesejável, na atmosfera em vários
pontos no processo de extremidade seca (por exemplo, nos
sistemas de extrusão e de descarga de produto), resultando
15 na perda de hidrocarboneto, excedente ao permitido por
licenças ambientais, e assim por diante.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

Vantagens da invenção podem se tornar aparentes a
partir da leitura da seguinte descrição detalhada e da
20 referência aos desenhos, onde:

A Figura 1 é um diagrama de fluxo em bloco, ilustrando
um sistema de fabricação de poliolefina exemplar para
produção de poliolefinas de acordo com uma modalidade das
presentes técnicas;

25 A Figura 2 é um diagrama de fluxo de processo de um
sistema de alimentação exemplar do sistema de fabricação de
poliolefina da Figura 1, de acordo com uma modalidade das
presentes técnicas;

A Figura 3 é um diagrama de fluxo de processo de um
30 sistema de preparação de catalisador do sistema de

alimentação da Figura 2, de acordo com uma modalidade das presentes técnicas;

A Figura 4 é um diagrama de fluxo de processo de um sistema de ativação de catalisador de acordo com uma modalidade das presentes técnicas;

A Figura 5 é um diagrama de fluxo de processo de um sistema de reator exemplar e um sistema de recuperação de diluente/monômero do sistema de fabricação de poliolefina da Figura 1, de acordo com uma modalidade das presentes técnicas;

A Figura 6 é uma representação em diagrama do reator de polimerização exemplar da Figura 5, mostrando o fluxo do meio de resfriamento através das jaquetas do reator de acordo com uma modalidade das presentes técnicas;

A Figura 7 é uma representação em diagrama de uma descarga de saída contínua exemplar do reator de polimerização da Figura 5, de acordo com uma modalidade das presentes técnicas;

A Figura 8 é uma secção transversal ao longo da linha 8-8 da Figura 7, mostrando uma disposição de válvula de gaveta na montagem de descarga de saída contínua de acordo com uma modalidade das presentes técnicas;

A Figura 9 é uma representação em diagrama de um local tangencial para a montagem de saída contínua de acordo com uma modalidade das presentes técnicas;

A Figura 10 é um diagrama de fluxo de processo do sistema descarga/extrusão da Figura 1 de acordo com uma modalidade das presentes técnicas;

A Figura 11 é um gráfico exemplar de VOC (parte por milhão ou ppm) na corrente de felpa polimérica deixando uma

coluna de purga contra a temperatura de felpa polimérica (°C) na coluna de purga de acordo com uma modalidade das presentes técnicas;

A Figura 12 é um gráfico exemplar de VOC (ppm) na corrente de felpa polimérica deixando uma coluna de purga contra o tempo de purga (ou tempo de residência) em minutos na coluna de purga de acordo com uma modalidade das presentes técnicas;

A Figura 13 é um gráfico exemplar de VOC (ppm) na corrente de felpa polimérica deixando uma coluna de purga contra a razão entre gás de purga que entra e a felpa polimérica (kg de gás por kg de polietileno) de acordo com uma modalidade das presentes técnicas;

A Figura 14 é um gráfico exemplar de VOC (ppm) na corrente de felpa polimérica deixando uma coluna de purga contra o tamanho de partícula médio em micra (μm) da felpa polimérica na coluna de purga de acordo com uma modalidade das presentes técnicas;

A Figura 15 é um gráfico exemplar de VOC (ppm) na corrente de felpa polimérica deixando uma coluna de purga contra a pressão (kPa) do gás de purga (nitrogênio primário) entrando na coluna de purga de acordo com uma modalidade das presentes técnicas;

A Figura 16 é um gráfico exemplar de temperatura de gás de purga (°C) contra o tempo de purga (minutos) em uma coluna de purga de acordo com uma modalidade das presentes técnicas;

A Figura 17 é um esquema de processo modelo de um sistema de recuperação de diluente/monômero ilustrado na Figura 5, de acordo com uma modalidade das presentes

técnicas;

A Figura 18 é um esquema de equilíbrio material para uma coluna de purga exemplar de acordo com uma modalidade das presentes técnicas; e

5 A Figura 19 é um esquema de uma interface exemplar para um modelo coluna de purga de acordo com uma modalidade das presentes técnicas.

MELHOR MODO PARA EXECUÇÃO DA INVENÇÃO

Uma ou mais modalidades específicas da presente
10 invenção serão descritas abaixo. Em um esforço para fornecer uma descrição concisa destas modalidades, nem todas as características de uma implementação real são descritas nesta especificação. Deveria ser avaliado que no desenvolvimento de qualquer implementação do gênero, como
15 em qualquer projeto de engenharia ou desenho, várias decisões específicas de implementação devem ser tomadas para se atingir os objetivos específicos dos criadores, como conformidade com limitação relacionadas ao sistema e relacionadas ao negócio, que podem variar de uma
20 implementação a outra. Além disso, deveria ser avaliado que tal esforço de desenvolvimento pode ser complexo e demorado mas, apesar disso, seria uma tarefa de rotina de projeto, fabricação e produção para aqueles de habilidade comum possuindo o benefício desta divulgação.

25 As presentes técnicas fornecem um modelo de uma coluna de purga em um processo de fabricação de poliolefina. Modalidades da coluna de purga podem ser empregadas para projetar a coluna de purga, assim como melhorar o projeto de sistemas contra a corrente e no sentido da corrente como
30 uma função de desempenho de coluna de purga. O modelo de

coluna de purga pode ser também empregado para gerenciar e melhorar a operação da coluna de purga, incluindo fornecer critério nas condições de operação de redução de VOC da corrente polimérica deixando a coluna de purga.

5 Deve ser observado, no entanto, que a discussão por vezes pode focar na produção de polietileno e seus copolímeros, as técnicas divulgadas proporcionam benefícios no desenho e operação de colunas de purga ou separadores de purga na produção de outras poliolefinas, como
10 polipropileno, polibutileno e assim por diante. Finalmente, deve ser aparente que as várias técnicas podem ser implementadas em uma multiplicidade de combinações.

I. Introdução

Conforme discutido, processos de poliolefina
15 geralmente empregam hidrocarboneto (diluyente, monômero, etc.) na produção do polímero de poliolefina. Por exemplo, um diluyente (por exemplo, solvente de hidrocarboneto inerte como isobutano) pode ser utilizado como um veículo para o polímero no reator (reator de circulação, reator de fase
20 gasosa) para facilitar a circulação (ou fluidização de leito) e remoção de calor no reator. O solvente inerte e outros hidrocarbonetos (por exemplo, monômero como etileno) estão atrelados ou dissolvidos no polímero e são tipicamente purgados do polímero em um separador de purga
25 ou coluna de purga com um gás inerte (por exemplo, nitrogênio). Este sistema de purga reduz o excedente de hidrocarbonetos (VOC's) no polímero bruto ou virgem (isto é, felpa, floco, etc.) que foi gerado no reator (antes de ser extrusado em pelotas, por exemplo). Por razões
30 ambientais e econômicas, os hidrocarbonetos purgados, gás

de purga (por exemplo, nitrogênio) são recuperados e reutilizados.

Em um sistema de produção de polietileno exemplar utilizando um ou mais reatores de circulação, um diluente isobutano é utilizado como o veículo no reator. O isobutano é purgado do polímero em uma coluna de purga com nitrogênio a limites toleráveis de hidrocarboneto ou VOC (composto orgânico volátil). Conforme discutido acima, o gás rico em nitrogênio possuindo hidrocarboneto descarregando da coluna de purga é enviado a uma unidade de recuperação de isobutano-nitrogênio (INRU) para a recuperação e reutilização dos hidrocarbonetos e nitrogênio. Modalidades das presentes técnicas facilitam o projeto e operação da coluna de purga e, em particular, no projeto e operação para reduzir o conteúdo de VOC da corrente de poliolefina deixando a coluna de purga. Tal polímero pode ser então enviado a uma área de extrusão e/ou descarga de produto, por exemplo. Foi determinado de forma geral ou confirmado através das presentes técnicas que fatores que afetam o VOC da corrente de polímero deixando a coluna de purga incluem, por exemplo, temperatura de felpa, tempo de purga, fluxo de nitrogênio e pureza, tamanho de partícula de felpa, pressão de purga e densidade de resina (ou fração amorfa), e assim por diante. Deve ser enfatizado que as presentes técnicas podem também ser aplicáveis a outros sistemas de poliolefina, incluindo aqueles que empregam outros tipos de reatores de polimerização de fase líquida e também reatores de fase gasosa.

A presente invenção fornece um ou mais modelos e outras técnicas para projetar, avaliar, operar, e

similares, uma coluna (ou separador) de purga de poliolefina e para avaliar o impacto de parâmetros de processo no desempenho de coluna de purga, por exemplo. Modalidades dos modelos podem ser baseadas em teoria de transferência de massa e geralmente prevêm o VOC de hidrocarboneto para a corrente de polímero deixando a coluna de purga. Em um exemplo, o modelo é escrito em um programa de Aplicação Visual Basic com uma planilha Excel como interface para entrada e saída de modelo. Deve ser observado que modalidades do modelo foram validadas com dados de instalação a partir de processos de poliolefina existentes (polietileno e seus copolímeros). O modelo validade pode ser utilizado para estabelecer uma ordem aproximada de significância das variáveis do processo que influenciam remoção de gases de felpa de polímero na coluna de purga.

Em certos exemplos, para uma dada densidade de resina, as variáveis para reduzir o VOC na corrente polimérica deixando a coluna de purga, em ordem decrescente de efetividade, podem ser como segue: temperatura de coluna de purga, tempo de permanência ou nível do leito de polímero na coluna de purga; taxa de fluxo e pureza de hidrocarboneto de nitrogênio de purga; tamanho de partícula de felpa polimérica; e pressão de operação da coluna de purga. Engenheiros e operadores de instalação podem confiar nesta lista exemplar para seleção efetiva de variáveis para redução de VOC na corrente de polímero deixando a coluna de purga, assim como resíduo de nitrogênio na coluna de purga.

Finalmente, deve ser observado que as presentes técnicas, incluindo os modelos de coluna de purga também

forneem discernimento e melhora de processos no sentido da corrente e contra a corrente na coluna de purga. Por exemplo, a operação do sistema de catalisador contra o sentido da corrente e/ou sistema reator pode ser ajustada em um esforço para gerar uma distribuição de tamanho de partícula desejável, conforme indicado pelo modelo de coluna de purga. Em outro exemplo, o projeto e/ou operação da linha de vaporização acoplada à descarga do reator de circulação pode ser ajustado. Neste exemplo particular, as presentes técnicas fornecem o posicionamento de entradas de ventilação nas linhas de vapor até a linha de vaporização para facilitar a remoção de componentes não condensáveis.

II. Processo de Produção de Poliolefina - Uma Visão Geral

Na produção de poliolefina, os reatores de polimerização, que polimerizam monômeros em poliolefina, e extrusores, que convertem a poliolefina em pelotas de poliolefina, são operações tipicamente contínuas. Entretanto, uma variedade de sistemas contínuos e em lote pode ser empregada por todo o processo de poliolefina. Uma capacidade nominal exemplar para uma instalação de poliolefina típica é de cerca de 300 a 400 mil toneladas de poliolefina produzidas por ano. Taxas de projeto recentes exemplares são de aproximadamente 42,5 a 45 toneladas de poliolefina polimerizada por hora, e 45 a 47,5 toneladas de poliolefina extrusada por hora. Entretanto, deve ser enfatizado que os valores numéricos acima são dados apenas como exemplos. Além disso, deve-se também enfatizar que a discussão que segue do processo de fabricação exemplar (10) não pretende limitar a aplicabilidade do modelo de coluna

de purga atual e técnicas associadas.

A. Matéria-Prima

Voltados agora para os desenhos, e com referência, inicialmente, à Figura 1, um diagrama de bloco ilustra um processo de fabricação exemplar (10) para produção de poliolefinas, como homopolímero de polietileno, homopolímero de polipropileno e/ou seus copolímeros. Vários fornecedores (12) podem fornecer matérias (14) primas de reator ao sistema de fabricação (10) através de tubulações, vagonetes, cilindros, tambores e assim por diante. Os fornecedores (12) podem compreender instalações externas e/ou internas, incluindo instalações de olefina, refinarias, instalações de catalisador e similares. Exemplos de matérias primas (14) possíveis incluem monômeros e comonômeros de olefina (como etileno, propileno, buteno, hexeno, octeno e deceno), diluentes (como propano, isobutano, n-hexano e n-heptano), agentes de transferência de cadeia (como hidrogênio), catalisadores (como catalisadores Ziegler, catalisadores Ziegler-Natta, catalisadores cromo, e catalisadores metalloceno), e co-catalisadores (como trietilalumínio alquil, trietilboro e metilaluminoxano), e outros aditivos. No caso de monômero de etileno, matéria-prima de etileno principal pode ser fornecida através de tubulação a aproximadamente 5,52 a 9,99 MPa entre 45°C a 65°C. Matéria-prima de hidrogênio exemplar pode ser também fornecida através de tubulação, mas a aproximadamente 6,21 a 6,89 MPa, entre 32,22°C e 43,33°C. Claro, uma variedade de condições de fornecimento pode existir para etileno, hidrogênio e outras matérias primas (14).

B. Sistema de Alimentação

Os fornecedores (12) tipicamente fornecem matérias primas (14) a um sistema de alimentação de reator (16), onde as matérias primas (14) podem ser armazenadas, como em tanques de armazenamento e alimentação de monômero, recipientes de diluente, tanques de catalisador, cilindros e tanques de co-catalisador e assim por diante. No sistema (16), as matérias primas (14) podem ser tratadas ou processadas antes de sua introdução como alimentação (18) nos reatores de polimerização. Por exemplo, as matérias primas (14), como monômero, comonômero, e diluente, podem ser enviadas através de leitos de tratamento (por exemplo, leitos de peneira molecular, compactação de alumínio, etc.) para remover venenos de catalisador. Tais venenos de catalisador podem incluir, por exemplo, água, oxigênio, monóxido de carbono, dióxido de carbono, e compostos orgânicos contendo enxofre, oxigênio ou halógenos. O monômero de olefina e comonômeros podem ser líquidos, gasosos ou um fluido supercrítico, dependendo do tipo de reator sendo alimentado. Também, deve ser observado que, tipicamente, apenas uma quantidade relativamente pequena de diluente para composição fresco como matéria-prima (14) é utilizada, com uma maioria do diluente alimentado ao reator de polimerização recuperado do efluente do reator. O sistema de alimentação (16) pode preparar ou condicionar outras matérias primas (14), como catalisadores, para adição aos reatores de polimerização. Por exemplo, um catalisador pode ser ativado e então ser misturado ao diluente (por exemplo, isobutano ou hexano) ou óleo mineral em tanques de preparação de catalisador.

Além disso, o sistema de alimentação (16) tipicamente fornece medição e controle da taxa de adição das matérias primas (14) no reator de polimerização para manter a estabilidade do reator e/ou para atingir as propriedades de poliolefina ou taxa de produção desejadas. Além disso, em operação, o sistema de alimentação (16) pode também armazenar, tratar e medir efluente de reator recuperado para ser reciclado ao reator. Certamente, operações no sistema de alimentação (16) geralmente recebem as correntes de matéria-prima (14) e de efluente de reator recuperado. No total, as matérias-primas (14) e efluente de reator recuperado são processados no sistema de alimentação (16) e alimentados como correntes de alimentação (18) (por exemplo, correntes de monômero, comonômero, diluente, catalisadores, co-catalisadores, hidrogênio, aditivos ou combinações destes) até o sistema de reator (20). Deve ser observado que o sistema de alimentação (16) é uma fonte dos compostos orgânicos voláteis na felpa polimérica deixando a coluna de purga. Além disso, o projeto e/ou operação do sistema de alimentação pode ser ajustado em resposta a vários resultados fornecidos pelos modelos de coluna de purga atuais.

C. Sistemas de Reator

O sistema de reator (20) pode compreender um ou mais recipientes de reator, como reatores de fase líquida ou de fase gasosa. O sistema de reator (20) pode também compreender uma combinação de reatores de fase líquida e gasosa. Se múltiplos reatores compreendem o sistema reator (20), os reatores podem estar dispostos em série, em paralela ou em qualquer combinação ou configuração

adequados. Nos recipientes de reator de polimerização, um ou mais monômeros de olefinas são polimerizados para formar um produto compreendendo particulados de polímero, tipicamente chamados de felpa ou grânulos. A felpa pode 5 possuir uma ou mais propriedades de fusão, física, reológica e/ou mecânica de interesse, como densidade, índice de fusão (MI), taxa de fluxo de fusão (MFR), conteúdo de copolímero ou de comonômero, módulo e cristalinidade. As condições de reação, como temperatura, 10 pressão, taxa de fluxo, agitação mecânica, saída de produto, concentrações de componentes, taxa de produção de polímero, e assim por diante, podem ser selecionadas para se atingir as propriedades de felpa desejadas.

Adicionalmente a um ou mais monômeros de olefina, um 15 catalisador que facilita a polimerização do monômero é tipicamente adicionado ao reator. O catalisador pode ser uma partícula suspensa no meio fluido no interior do reator. Em geral, catalisadores Ziegler, catalisadores Ziegler-Natta, metallocenos, e outros catalisadores de 20 poliolefina bem conhecidos, assim como co-catalisadores, podem ser utilizados. Um exemplo de tal catalisador é um catalisador de óxido de cromo contendo cromo hexavalente em um suporte de sílica.

Além disso, o diluente pode ser alimentado no reator, 25 tipicamente um reator de fase líquida. O diluente pode ser um hidrocarboneto inerte que é líquido em reações de reação, como isobutano, propano, n-pentano, i-pentano, neopentano, n-hexano, ciclohexano, ciclopentano, metilciclopentano, etilciclohexano e similares. O propósito 30 do diluente é geralmente suspender as partículas do

catalisador e o polímero no reator. Alguns processos de polimerização podem não empregar um diluente separado, como no caso de exemplos selecionados de produção de polipropileno, onde o próprio monômero de propileno pode
5 agir como o diluente.

Um dispositivo motriz pode estar presente no reator no sistema do reator (20). Por exemplo, em um reator de fase líquida, como um reator de circulação de mistura semifluida, um rotor pode criar uma zona de mistura
10 turbulenta no interior do meio fluido. O rotor pode ser movido por um motor para propelir o meio fluido assim como qualquer catalisador, felpa de poliolefina ou outros particulados sólidos suspensos no meio fluido, através do circuito fechado do reator. De forma similar, em um reator
15 de fase gasosa, como um reator de leito fluidizado ou reator de fluxo em pistão, um ou mais pás ou agitadores podem ser utilizados para misturar as partículas sólidas no reator. Além disso, o projeto e/ou operação do sistema de reator pode ser ajustado em resposta a vários resultados
20 fornecidos pelos modelos de coluna de purga atuais.

D. Recuperação, Tratamento e Reciclagem de Diluente/Monômero

A descarga (22) dos reatores no sistema (20) pode incluir a felpa de polímero assim como componentes não
25 poliméricos, como diluente, monômero/comonômero não reagido e catalisador residual. A descarga (22) pode ser posteriormente processada, como por um sistema de recuperação de diluente/monômero (24), para separar os componentes não poliméricos (26) (por exemplo, diluente e
30 monômero não reagido) da felpa polimérica (28). Os

componentes não poliméricos recuperados não tratados (26) podem ser adicionalmente processados, como por um sistema de fracionamento (30), para remover componentes indesejados leves e pesados. Correntes de produto fracionado (32) podem ser então retornadas ao sistema de reator (20) através do sistema de alimentação (16). Por outro lado, os componentes não poliméricos (26) podem ser reciclados mais diretamente para o sistema de alimentação (16) (conforme indicado pelo número de referência (34)), ultrapassando o sistema de fracionamento (30). De fato, em certas modalidades, até 80% a 95% do diluente descarregado do reator ultrapassa o sistema de fracionamento no cainho para o reator de polimerização.

Quanto à felpa (28), a mesma pode ser ainda processada em um sistema de recuperação (24) e em um sistema de extrusão/descarga (36), para prepará-la para transporte, tipicamente em pelotas (38), para os consumidores (40). Embora não ilustrado, os grânulos de polímero intermediários no sistema de recuperação (24) e tipicamente contendo catalisador residual ativo, podem ser devolvidos ao sistema de reator (20) para polimerização adicional, como em um tipo diferente de reator ou sob condições de reação diferentes. As porções de polimerização recuperação de diluente do processo de fabricação de poliolefina (10) podem ser chamadas extremidade "úmida" (42) ou lado de "reação" do processo (10), e a porção de extrusão/descarga (36) do processo de poliolefina (10) pode ser chamada de extremidade "seca" (44) ou lado de "finalização" do processo de poliolefina (10).

E. Sistema de Extrusão/Descarga

Nos sistemas de extrusão/descarga (36), a felpa (28) é tipicamente extrusada para produzir pelotas de polímero (38) com as características mecânicas, físicas e de fusão desejadas. A alimentação da extrusora pode compreender 5 aditivos, como inibidores UV e peróxidos, que são adicionados aos produtos de felpa (28) para atribuir características desejadas às pelotas de polímero extrusadas (32). Uma extrusora/granuladora recebe a alimentação de extrusora, compreendendo um ou mais produtos de felpa (28) 10 e quaisquer aditivos que tenham sido adicionados. A extrusora/granuladora aquece e funde a alimentação de extrusora que pode, então, ser extrusada (por exemplo, através de uma extrusora de fuso duplo) através de uma fieira granuladora sob pressão para formar pelotas de 15 poliolefina. Tais pelotas são tipicamente resfriadas em um sistema de água disposto na ou próximo à descarga da granuladora. Uma técnica de economia de energia exemplar inclui o uso de uma bomba de água de pelotas (por exemplo, possuindo um motor de 11,19 a 37,28 kW) para transportar as 20 pelotas extrusadas na água de pelotas até a área de descarga. Isto contrasta com a abordagem tradicional de empregar um circuito de transporte convencional que tipicamente utiliza um soprador de pelotas operando a cerca de 186,43 a 372,85 kW.

25 Em geral, as pelotas de poliolefinas podem ser então transportadas a uma área de descarga de produto onde as pelotas podem ser armazenadas, misturadas a outras pelotas e/ou carregadas em vagões, caçambas, sacos e assim por diante, para distribuição até os consumidores (40). No caso 30 de polietileno, as pelotas (38) transportadas até os

consumidores (40) podem incluir polietileno de baixa densidade (LDPE), polietileno de baixa densidade linear (LLDPE), polietileno de média densidade (MDPE), polietileno de alta densidade (HDPE) e polietileno melhorado. Os vários
5 tipos e graus de pelotas de polietileno (38) podem ser comercializados, por exemplo, sob as marcas Marlex® Polietileno ou MarFlex® polietileno, da Chevron-Phillips Chemical Company, LP, de The Woodlands, Texas, E.U.A.

F. Consumidores, Aplicações e Usuários Finais

10 Pelotas de poliolefina (por exemplo, polietileno) (38) podem ser utilizadas na fabricação de uma variedade de produtos, componentes, itens domésticos e outros itens, incluindo adesivos (por exemplo, aplicações de adesivo de fusão a quente), fio e cabo elétrico, filmes agrícolas,
15 filme de encolhimento, filme de estiramento, filmes para embalagens de alimento, embalagens para alimentos flexíveis, recipientes para leite, embalagens para comida congelada, revestimentos para lixo e latas, sacos para comestíveis, sacos para cargas pesadas, garrafas plásticas,
20 equipamento de segurança, revestimentos, brinquedos e uma gama de recipientes e produtos plásticos. Além disso, deve-se enfatizar que poliolefinas que não o polietileno, como polipropileno, podem formar tais componentes e produtos através dos processos discutidos abaixo.

25 Basicamente, os produtos e componentes formados de pelotas de poliolefina (por exemplo, polietileno) (38) pode ser adicionalmente processados e montados para distribuição e venda ao consumidor. Por exemplo, uma garrafa de leite de polietileno pode ser preenchida com leite para distribuição
30 ao consumidor, ou o tanque de combustível pode ser montado

em um automóvel para distribuição e venda ao consumidor.

Para formar produtos finais ou componentes a partir das pelotas (38), as pelotas são geralmente submetidas a processamento adicional, como moldagem por sopragem, moldagem por injeção, moldagem por rotação, filme soprado, filme moldado, extrusão (por exemplo, extrusão de folha, extrusão de tubos e corrugados, extrusão de revestimento/laminação, etc.), e assim por diante. Moldagem por sopragem é um processo utilizado para produzir peças plásticas ocas. O processo tipicamente emprega equipamento de moldagem pro sopragem, como máquinas de fuso contínuo, máquinas de cabeça acumuladora e assim por diante. O processo de moldagem por sopragem pode ser preparado para ir de encontro às necessidades do consumidor e para fabricar produtos variando das garrafas de leite plásticas a tanques de combustível automotivos mencionados acima. De forma similar, em moldagem pro injeção, produtos e componentes podem ser moldado para uma ampla gama de aplicações, incluindo recipientes, embalagens de alimentos e produtos químicos, brinquedos, automotivas, engradados, tampas e fechos, para indicar alguns.

Processos de extrusão podem ser também utilizados. Um tubo de polietileno, por exemplo, pode ser extrusado a partir de resinas de pelotas de polietileno e utilizados em uma variedade de aplicações devido às suas vantagens de resistência química, relativa facilidade de instalação, durabilidade e custo, e similares. De fato, encanamentos de polietileno plásticos atingiram uso significativo para tubos de água principais, escoamento pluvial e sanitário, encanamento de interior, conduítes elétricos, dutos de

força e comunicação, encanamento de água fria, invólucro de poço, para citar algumas aplicações. Em particular, o polietileno de alta densidade (HDPE), que geralmente constitui o maior volume do grupo poliolefina de plásticos utilizados para tubos, é resistente, resistente a abrasão e flexível (mesmo a temperaturas abaixo daquelas de congelamento). Além disso, um tubo de HDPE pode ser utilizado em tubulação de pequeno diâmetro em tubos até mais de 2,44 metros de diâmetro. Em geral, as pelotas de polietileno (resinas) podem ser fornecidas para o mercado de encanamento de pressão, como em distribuição de gás natural, e para o mercado de encanamento que não de pressão, como para conduítes e encanamento corrugado.

A moldagem rotativa é um processo de alta temperatura e baixa pressão utilizado para formar peças ocas através da aplicação de calor a moldes rotacionados biaxialmente. Resinas de pelota de polietileno geralmente aplicáveis neste processo são aquelas resinas que fluem juntas na ausência de pressão quando fundidas para formar uma peça livre de bolhas. As pelotas (38), como certas resinas Marlex® HDPE e MDPE, oferecem tais características de fluxo, assim como uma ampla janela de processamento. Além disso, estas resinas de polietileno adequadas para moldagem rotacional podem exibir resistência a impacto a baixa temperatura desejável, boas propriedades de suporte de carga e boa estabilidade a ultravioleta (UV). Desta forma, aplicações para resinas Marlex® moldadas de forma rotacional incluem tanques agrícolas, tanques de produtos químicos industriais, tanques de armazenamento de água potável, recipientes de dejetos industriais, equipamento de

recreação, produtos marítimos e muito mais.

A extrusão de folhas é uma técnica para produção de folhas plásticas planas a partir de uma variedade de resinas de pelota (38). As folhas de graduação
5 relativamente fina são geralmente termoformadas em aplicações para embalagens, como copos de bebidas, recipientes para comidas finas, produzir bandejas, recipientes de lenços para bebês e tubos de margarina. Outros mercados para extrusão de folhas de poliolefina
10 incluem aqueles que utilizam folhas relativamente mais espessas para aplicações industriais e de recreação, como revestimentos de leito de carroceria, espátulas, amortecedores automotivos, equipamentos para parques e barcos. Um terceiro uso para folha extrusada, por exemplo,
15 é em geomembranas, onde material de polietileno de folha plana é soldado em sistemas de contenção grandes para aplicações de mineração e descarte de desejos municipais.

O processo de filme soprado é um sistema de conversão relativamente distinto utilizado para polietileno. A
20 "American Society for Testing and Materials" (ASTM) define filmes como inferiores a 0,254 milímetro de espessura. Entretanto, o processo de filme soprado pode produzir materiais como 0,5 milímetro de espessura e acima. Além disso, a moldagem por sopragem em conjunção com tecnologias
25 de extrusão de monocamada e/ou multicamada estabelecem o fundamento para diversas aplicações. Propriedades vantajosas dos produtos de moldagem por sopragem podem incluir limpidez, resistência, capacidade de rasgo, propriedades óticas e dureza, para citar algumas.
30 Aplicações podem incluir embalagens de comida e varejo,

embalagens industriais e aplicações que não de embalagens, como filmes agrícolas, filme para limpeza e assim por diante.

O processo de filme moldado pode diferenciar do
5 processo de filme soprado através de resfriamento rápido e capacidades de orientação virtualmente unidirecional. Estas características permitem uma linha de filme moldado, por exemplo, para operar a taxas de produção mais altas enquanto se produz uma ótica benéfica. Aplicações em
10 embalagens de alimento e varejo tiram vantagem destas resistências. Finalmente, as pelotas de poliolefina podem ser também fornecidas para a indústria de extrusão de revestimento e laminação.

III. Sistema de Alimentação de Reator de Polimerização

15 Com referencia à Figura 2, um diagrama de fluxo de processo de um sistema de alimentação de reator exemplar (16) (da Figura 1) é ilustrado. Nesta modalidade, o monômero (50) (por exemplo, etileno) é alimentado através de tratadores de monômero (52) ao reator de fase líquida
20 (por exemplo, reator de mistura semifluida de circulação) no sistema de reator (20). Além disso, um medidor de fluxo de massa (53), ao invés de um medidor de placa de orifício, pode ser utilizado para medir a taxa de fluxo de etileno ao reator. De fato, a taxa de fluxo do monômero de etileno
25 (50) ao reator é geralmente tipicamente medida (e controlada) para facilitar as condições operacionais desejadas (por exemplo, densidade de mistura semifluida, relação comonômero/monômero, taxa de produção, etc.) no reator e para fornecer as propriedades desejadas do
30 polietileno formado no reator. O medidor de fluxo de massa

exemplar (53) utilizado para medir o fluxo de monômero de etileno pode ser um medidor de placa de orifício do tipo de pressão diferencial, medidor de massa Coriolis, e assim por diante.

5 O diluente de reciclo (54) (por exemplo, isobutano), com uma quantidade relativamente pequena de monômero atrelado pode ser devolvido do sistema de recuperação de diluente/monômero (24) (por exemplo, correspondendo À corrente (34) da Figura 1) e enviado ao reator de
10 polimerização. No exemplo de reciclo "direto" ao reator, o diluente reciclado (54) pode ser resfriado e passado através de uma caldeira de remoção de pesados (56) onde componentes pesados são removidos de uma descarga de fundo e enviados através de uma bomba centrífuga (58), por
15 exemplo, como a alimentação (60) ao sistema de fracionamento (30). A suspensão (62) da caldeira de remoção (56) pode ser adicionalmente resfriada em um trocador de calor (66) e coletada em um tanque de surto de diluente (68) para alimentação ao reator. Na direção do fluxo, uma
20 bomba centrífuga (70) pode fornecer o diluente (72) através de tratadores de diluente de reciclo (74) ao reator de mistura semifluida. Deve ser observado que uma quantidade relativamente pequena de diluente fresco (não ilustrada) pode ser adicionada no sistema de fracionamento (30), por
25 exemplo, para compensar as perdas de diluente no processo de fabricação (10). Além disso, o comonômero (76) (por exemplo, 1-hexeno) pode ser adicionado à bomba de sucção (70) ou em outros pontos no circuito do diluente de reciclagem para adição ao reator. Os tratadores de monômero
30 (52) e tratadores de diluente de reciclagem (58) podem

incluir peneira molecular ou compactação de alumínio, por exemplo, configurado para remover venenos catalíticos do monômero, diluente de reciclagem, alimentações de comonômero, e outras alimentações.

5 Outros componentes de alimentação podem ser adicionados ao reator de mistura semifluida de circulação. Por exemplo, o hidrogênio (60) pode ser adicionado para controlar o peso molecular da poliolefina formada no reator. Além disso, outros aditivos, como materiais
10 antiestáticos, podem ser injetados no reator, conforme indicado pelo número de referência (78). As várias correntes de componentes podem se combinar em uma única corrente de alimentação (80) para alimentar o reator de mistura semifluida de circulação. Além disso, conforme
15 discutido abaixo, o diluente (82) que é substancialmente livre de olefinas pode ser reciclado a partir do sistema de fracionamento (30), através dos tratadores (84) para uso na preparação do catalisador alimentado ao reator. De fato, o diluente (82) pode agir como um veículo da corrente de
20 catalisador (88) descarregada do sistema de preparação de catalisador (86) na rota até o reator de mistura semifluida de circulação. Por último, os tratadores foram tradicionalmente empregados para processar as várias alimentações, como para remover venenos de catalisador do
25 comonômero, isobutano fresco e hidrogênio.

 Com referência à Figura 3, um diagrama de fluxo de processo da área de preparação de catalisador (86) é ilustrado. Um tanque de mistura de catalisador (140) recebe o catalisador (142), por exemplo, de um recipiente
30 portátil. O monômero livre de olefinas (82) se mistura ao

catalisador no tanque de misturação de catalisador (140). Um agitador (144) possuindo um motor e mecanismo (146) e lâmina (148) podem facilitar a misturação do diluente (82) e do catalisador (142) no tanque de misturação (140). O catalisador de processo (150) é descarregado do tanque de misturação (140) e pode entrar, por exemplo, em um tanque de execução de catalisação (152) para medição para o reator de mistura semifluida de circulação. O tanque de execução (152) pode também possuir um agitador (154) possuindo um motor/mecanismo (156) e lâmina agitadora (158) para manter o catalisador misturado com o diluente. O catalisador pode ser medido, por exemplo, por uma bomba de deslocamento positivo (160) até o reator de mistura semifluida de circulação como a corrente de alimentação (88). Adicionalmente, aditivos, como cocatalisadores (por exemplo, trietilalumínio) (162), podem ser adicionados ao catalisador (88) alimentado ao reator. Finalmente, deve ser observado que antes de misturar e medir o catalisador, o catalisador pode ser ativado. Por exemplo, no caso de um catalisador de óxido de cromo, um ativador de catalisador pode converter o cromo Cr^{3+} em Cr^{6+} para injeção no reator de polimerização. Enquanto no reator e em contato com o monômero de etileno, por exemplo, o cromo Cr^{6+} pode reduzir para Cr^{2+} . Além disso, o projeto e/ou operação do sistema de catalisador pode ser ajustado em resposta a vários resultados fornecidos pelos modelos de coluna de purga atuais.

Com referência à Figura 4, um diagrama de fluxo de um sistema de ativação de catalisador (170) é ilustrado. O produto de catalisador ativado do sistema (170) é

alimentado ao tanque de mistura de catalisador (140) (catalisador (142)) da Figura 3. Na Figura 4, o ativador de catalisador inclui um recipiente interno (172) contendo o catalisador, e uma fornalha externa (174). O catalisador do
5 fornecedor pode ser mantido em um recipiente de retenção (176) e alimentado através do recipiente interno através de uma válvula liga/desliga (178), por exemplo. O combustível (180) pode ser adicionado através de um pulverizador ou piloto (182), por exemplo, na fornalha (180), e o
10 combustível (180) pode ser combinado a ar (184) injetado na fornalha através de um filtro de ar (186) e soprador de ar (188). A combustão pode ocorrer no interior da fornalha na região (190), por exemplo. A região (192) que circunda o recipiente interno (172) pode experimentar temperaturas de
15 operação em uma faixa exemplar de 426,67 a 926,67°C. O fluido aquecido desta região (192) pode ser descarregado na atmosfera (194), conforme ilustrado pela seta (196).

Adicionalmente ao calor elevado, o oxigênio pode ser fornecido para ativar o catalisador. O ar (198) pode ser
20 injetado no fundo do recipiente interno (172) para fornecer a presença de oxigênio no interior do recipiente, com calor fornecido pela fornalha circundante (174). O ar entrando no recipiente (172) pode sair no topo através de um filtro de ar interno (200), por exemplo, e então ser descarregado na
25 atmosfera, conforme indicado pelo número de referência (202). O catalisador ativado pode ser descarregado do recipiente (172) em uma caixa de armazenagem (206), ou outro recipiente. Além disso, o nitrogênio (208) pode facilitar a descarga do catalisador ativado na caixa de
30 armazenamento (206) e também fornecer uma atmosfera inerte

na caixa de armazenagem (206). Em geral, os processos de ativação de catalisador incluem passar ar seco através de um leito de catalisador a uma taxa constante, enquanto calor é aplicado, até que o catalisador chegue na temperatura desejada, em cujo ponto o catalisador é mantido na temperatura de ativação pela duração de tempo apropriada. Além disso, o projeto e/ou operação do sistema de ativação de catalisador pode ser ajustado em resposta a vários resultados fornecidos pelos modelos de coluna de purga atuais.

IV. Sistema de Reator de Polimerização

Com referencia à Figura 5, um diagrama de fluxo de um sistema de reator de polimerização exemplar (20) (da Figura 1) e sistema de recuperação de diluente/monômero (24) (também da Figura 1) são ilustrados. Conforme discutido acima, o sistema de reator (20) pode compreender um ou mais reatores de polimerização, que podem, por sua vez, ser do mesmo tipo ou diferentes. Além disso, em sistemas de múltiplos reatores, os reatores podem estar dispostos de forma serial ou em paralelo. Quaisquer que sejam os tipos de reatores compreendendo o sistema de reator (20), um produto particulado de poliolefina, genericamente aqui chamado de "felpa", é produzido. Para facilitar a explicação, os seguintes exemplos são limitados em escopo a tipos de reator específicos, os quais se acredita sejam familiares àqueles de habilidade na técnica e a reatores únicos ou combinações simples. Àquele de habilidade comum na técnica utilizando esta divulgação, entretanto, as presentes técnicas são simplesmente e facilmente aplicáveis a disposições de reator mais complexas, tais como aquelas

envolvendo reatores adicionais, tipos de reatores diferentes e/ou ordenações alternativas dos reatores e tipos de reator. Tais disposições são consideradas como estando bem inseridas no escopo da presente invenção.

5 Um tipo de reator compreende reatores nos quais a polimerização ocorre em uma fase líquida. Exemplos de tais reatores de fase líquida incluem autoclaves, reatores de tanque de líquido fervente, reatores de mistura semifluida de circulação (vertical e horizontal), e assim por diante.
10 Para simplicidade, um reator de mistura semifluida de circulação (42) que produz poliolefina, como polietileno, polipropileno e seus copolímeros, será discutido no contexto das presentes técnicas embora seja compreendido que as presentes técnicas sejam similarmente aplicáveis a
15 outros tipos de reatores de fase líquida.

O reator de mistura semifluida de circulação (210) é geralmente composto de segmentos de tubos, conectados por curvas ou ângulos suaves. Uma configuração de reator exemplar (210) inclui oito tubos verticais revestidos, de
20 aproximadamente 60,96 cm de diâmetro e aproximadamente 60,96 metros de comprimento, conectados por joelhos de tubo no topo e no fundo dos tubos. Conforme discutido abaixo, os invólucros de reator (212) são normalmente fornecidos para remover o calor da polimerização exotérmica através da
25 circulação de um meio de resfriamento, como água tratada, através dos invólucros de reator (212).

O reator (210) pode ser utilizado para executar a polimerização de poliolefina sob condições de mistura semifluida, nas quais partículas insolúveis de poliolefina
30 são formadas em um meio fluido e são suspensas como uma

mistura semifluida até serem removidas. Um dispositivo motor, como uma bomba (214), circula a mistura semifluida no reator (210). Um exemplo de uma bomba (214) é uma bomba de fluxo axial em linha com o propulsor de bomba disposto
5 no interior do reator (210) para criar uma zona de mistura turbulenta dentro do meio fluido. O propulsor pode também auxiliar na propulsão do meio fluido através do circuito fechado do reator a uma velocidade suficiente para manter os particulados sólidos, como o catalisador ou
10 produto de poliolefina, suspensos no interior do meio fluido. O propulsor pode ser movido por um motor (216) ou outra força motriz.

O meio fluido no interior do reator (210) pode incluir monômeros e comonômeros de olefina, diluentes,
15 cocatalisadores (por exemplo, alquils, trietilboro, metilaluminoxano, etc.), agentes de controle de peso molecular (por exemplo, hidrogênio), e muitos outros correagentes e aditivos desejados. Tais monômeros e comonômeros de olefina são geralmente 1-olefinas possuindo até 10 átomos de
20 carbono por molécula e tipicamente nenhuma ramificação mais próxima da ligação dupla que a posição 4. Exemplos de monômeros e comonômero incluem etileno, propileno, buteno, 1-penteno, 1-hexeno, 1-octeno, e 1-deceno. Novamente, diluentes típicos são hidrocarbonetos que são inertes e
25 líquidos sob condições de reação, e incluem, por exemplo, isobutano, propano, n-pentano, i-pentano, neopentano, n-hexano, ciclohexano, ciclopentano, metilciclopentano, etilciclohexano e similares. Estes componentes são adicionados ao interior do reator através de entradas ou
30 conduítes em locais específicos, conforme ilustrado na

corrente de alimentação (80), que geralmente corresponde a um das correntes de alimentação (18) da Figura 1. Da mesma forma, um catalisador, como aqueles anteriormente discutidos, pode ser adicionado ao reator (210) através de um conduíte em local adequado, conforme ilustrado na corrente de alimentação (88), que pode incluir um veículo diluente e que também geralmente corresponde a uma das correntes de alimentação (18) da Figura 1. No total, os componentes adicionados geralmente compõem um meio fluido no reator (210), dentro do qual o catalisador é uma partícula suspensa.

As condições de reação, como temperatura, pressão e concentrações de reagente, são reguladas para facilitar as propriedades e taxas de produção desejadas da poliolefina no reator, para controlar a estabilidade do reator e similares. A temperatura é tipicamente mantida abaixo do nível no qual o produto polimérico iria, em solução. Conforme indicado, devido à natureza exotérmica da reação de polimerização, um fluido de resfriamento pode ser circulado através dos invólucros (212) ao redor das porções do reator de mistura semifluida de circulação (210) para remover o excesso de calor, mantendo assim a temperatura dentro da faixa desejada, geralmente entre 65°C e 121°C. De mesma forma, a pressão pode ser regulada dentro de uma faixa de pressão desejada, geralmente 0,69 a 5,52 MPa, com uma faixa de 3,10 a 4,83 MPa sendo típica.

À medida que a reação de polimerização prossegue dentro do reator (210), o monômero (por exemplo, etileno) e comonômeros (por exemplo, 1-hexeno) polimerizam e formam polímeros de poliolefina (por exemplo, polietileno) que são

substancialmente insolúveis no meio fluido na temperatura de reação, assim formando uma mistura semifluida de particulados sólidos dentro do meio. Estes particulados de poliolefina sólidos podem ser removidos do reator (210) através de um tubo de depósito ou outros meios, como uma retirada contínua, como a corrente de descarga (22). No processamento no sentido do fluxo, o polietileno descarregado do reator pode ser extraído da mistura semifluida e purificado.

A Figura 6 ilustra um reator de polimerização (210) exemplar da Figura 5 e mostra um esquema de fluxo contra a corrente de meio de resfriamento através dos invólucros de reator (212A-H). Novamente, o reator de circulação (210) é geralmente composto de segmentos de tubos conectados por curvaturas ou ângulos suaves. Um dispositivo motor, como uma bomba (214), circula a mistura semifluida no reator (210). Um exemplo de uma bomba (214) é uma bomba de fluxo axial em linha com o propulsor da bomba disposto no interior do reator (210). Um sistema de resfriamento (250) remove o calor do reator de circulação (210) através de invólucros de reator (212A-H). O sistema de resfriamento (250) fornece um suprimento de líquido refrigerante (252) (por exemplo, água tratada) e processa um retorno de líquido refrigerante (254).

À medida que a reação de polimerização prossegue no interior do reator (210), as condições de reação podem ser controladas para facilitar o grau desejado de polimerização e a velocidade de reação desejada, enquanto se mantém a temperatura abaixo daquela à qual o produto polimérico iria, na solução. Conforme mencionado, devido à natureza

exotérmica da reação de polimerização, invólucros de resfriamento (212A-H) podem ser fornecidos ao redor de porções do sistema de circuito fechado, através do qual um fluido de resfriamento é circulado conforme necessário para
5 remover o excesso de calor (calor de reação), mantendo assim a temperatura dentro da faixa desejada, geralmente entre 65°C e 121°C.

Em geral, a temperatura de reator varia de forma linear com mudanças nas condições de operação do sistema de
10 reator. Uma suposição aceita na técnica é que o calor gerado no reator pela polimerização exotérmica é linear com a taxa de produção de poliolefina (isto é, quilos por hora de poliolefina polimerizada). Assim, a temperatura do reator, que é uma indicação da energia ou calor no reator,
15 varia de forma linear com a taxa de produção. Conforme avaliado por aqueles de habilidade comum na técnica, o controle de temperatura de reator típico pode envolver um algoritmo proporcional integral derivada (PID).

V. Sistema de Recuperação de Diluente/Monômero

A. Câmara de Vaporização

De volta à Figura 5, a descarga (22) do reator (210) pode fluir através de um aquecedor de vaporização em linha (222) e dentro de uma câmara de vaporização (224). O aquecedor de vaporização em linha (222) pode ser um
25 conduíte circundante que utiliza a corrente ou condensado de vapor, por exemplo, como um meio de aquecimento para fornecer aquecimento indireto para a descarga (22). Assim, o efluente do reator de mistura semifluida de circulação (210) (descarga (22)) é aquecido antes de sua introdução na
30 câmara de vaporização (224). Também, antes da descarga (22)

entrar na câmara de vaporização (224), água ou outros venenos de catalisador podem ser injetados na descarga (22) para desativar qualquer catalisador residual na corrente de descarga (22). Uma vez que estes componentes injetados são

5 venenos de catalisadores por definição, os mesmos são tipicamente completamente removidos, ou pelo menos substancialmente removidos, de qualquer material recuperado (por exemplo, monômero ou diluente) reciclado para o reator (210).

10 Na câmara a de vaporização (224), a maioria dos componentes não sólidos da descarga de reator (22) são retirados como vapor no gás de vaporização (226). Observe que é este gás de vaporização reciclado (226) que pode ultrapassar o sistema de fracionamento na rota para o

15 reator (210) (isto é, através do sistema de alimentação (16)). Na produção de polietileno, este vapor é tipicamente um diluente principal, como isobutano ou outros diluentes anteriormente mencionados. O mesmo pode conter a maioria do monômero não reagido (por exemplo, etileno) e outros

20 componentes leves, assim como comonômeros não reagidos (por exemplo, 1-hexeno, buteno, 1-penteno, 1-octeno e 1-deceno) e outros componentes pesados (por exemplo, hexano e oligômeros). Em geral, componentes leves ou "leves" podem ser definidos como aqueles componentes com pontos de

25 ebulição mais baixos que o diluente empregado. Por sua vez, componentes pesados ou "pesados" podem ser definidos como aqueles componentes possuindo pontos de ebulição mais altos que o diluente. Uma composição aproximada exemplar do gás de vaporização (226) é 94% em peso de isobutano, 5% em peso

30 de etileno e 1% em peso de outros componentes. Um nível ou

volume de felpa pode ser mantido na câmara de vaporização (224) para fornecer tempo de permanência adicional da felpa na câmara (224) para facilitar a separação de líquido e vapor atrelado nas partículas de felpa porosas.

5 O gás de vaporização (226) pode ser processado em equipamento como ciclones, filtros de saco, etc., onde sólidos de felpa atrelados são removidos e devolvidos à câmara de vaporização (224) ou a equipamento no sentido do fluxo, como a coluna de purga discutida abaixo. O gás de vaporização (226) pode também viajar através de um leito desoxigenado, por exemplo. Além disso, o gás de vaporização (226) pode ser resfriado ou condensado em um trocador de calor (por exemplo, construção de tubo e revestimento) antes de ser reciclado ao sistema de alimentação (16) ou
10 sistema de fracionamento (30).

 Como para os sólidos (polímero) na câmara de vaporização (224), eles são retirados com uma pequena quantidade de diluente (e monômero) atrelada, e enviados a uma coluna de purga (228) através da descarga de sólidos
20 (230). Como será avaliado por aqueles de habilidade comum na técnica, o conduíte da descarga de sólidos (230) podem incluir configurações de válvula que permitem que polímero flua para baixo através do conduíte enquanto se reduz o potencial para fluxo de vapor entre a coluna de purga (60) e a câmara de vaporização (56). Por exemplo, um ou mais
25 válvulas de rotação ou ciclo podem estar dispostas no conduíte de descarga de sólidos (230). Além disso, uma câmara de felpa relativamente pequena pode também estar disposta no conduíte para manipular a descarga dos sólidos
30 de felpa da câmara de vaporização (224) até a coluna de

purga (228). Tal descarga até a coluna de purga (228) pode incluir configurações de válvula apropriadas, uma câmara de surto ou simplesmente um conduíte, e assim por diante. Além disso, outras disposições no sistema de vaporização/purga
5 são aplicáveis. Por exemplo, os sólidos de felpa da câmara de vaporização (224) podem descarregar a uma câmara de vaporização de pressão mais baixa (com o gás de vaporização de pressão mais baixa comprimido para reciclagem até o sistema de fracionamento (30) e reator) antes da introdução
10 dos sólidos de felpa na coluna de purga (228).

Finalmente, conforme discutido, o sistema (10) pode fornecer reciclagem direta de 80% a 95% em peso do diluente e monômero não reagido recuperados do sistema de recuperação/monômero (24) até os sistemas de alimentação e
15 reação (16) e (20). Por exemplo, o gás de vaporização (226) (Figura 7) que é descarregado da parte superior da câmara de vaporização (224) e que geralmente corresponde à corrente de reciclagem (34) da Figura 1, pode ser enviado como a corrente de diluente de reciclagem (54) (Figura 2)
20 diretamente para o reator (210) através do tanque de surto (68). Tal reciclagem direta reduz significativamente a carga no sistema de fracionamento (30), incluindo a carga nas colunas de fracionamento e refeedores no sistema (30) (quando comparado a nenhuma reciclagem direta). Assim, as
25 colunas de fracionamento e refeedores associados (por exemplo, refeedores de vapor) podem ser significantemente reduzidos em tamanho (por exemplo, reduzidos em 80-95% do tamanho convencional) para a mesma capacidade da instalação de poliolefina. O uso de vapor é significantemente reduzido
30 e energia substancial empregando-se as colunas menores.

Finalmente, deve-se notar que o projeto e/ou operação do sistema de fracionamento (30) pode ser ajustado em resposta à saída dos presentes modelos de coluna de purga.

Coluna de Purga

5 A alimentação de sólidos principal à coluna de purga (228) é tipicamente a descarga de sólidos (230) (felpa de poliolefina) que sai da câmara de vaporização (224). Um propósito da coluna de purga (228) é remover hidrocarboneto residual das correntes de sólido que entram e fornecer
10 felpa de polímero substancialmente limpa (232) com quantidades relativamente pequenas de conteúdo orgânico volátil (VOC) carregado. A felpa (232) pode ser transportada ou conduzida ao sistema de extrusão/descarga (36) para conversão em pelotas (38) e para distribuição e venda como
15 resina em pelotas de poliolefina aos consumidores (40). Em geral, as partículas de polímero tratado descarregadas da coluna de purga (228) como felpa de polímero (232) podem ser processadas em uma operação de finalização convencional, tal como um extrusor de fuso, no sistema de
20 extrusão/descarga (36) (Figura 1).

No sistema de coluna de purga exemplar ilustrado, nitrogênio é circulado através da coluna de purga (228) para remover hidrocarbonetos residuais através da descarga superior (234). Esta descarga (234) pode ser enviada
25 através de uma unidade de separação (236), tal como uma unidade de recuperação de membrana, unidade de adsorção de oscilação de pressão, unidade de refrigeração e etc., para recuperar nitrogênio através da corrente de nitrogênio (238), e para descarregar uma corrente de hidrocarboneto
30 separada (240) conforme alimentada ao sistema de

fracionamento (30). Na técnica, a unidade de separação (236) pode ser conhecida como uma Unidade de Recuperação de Nitrogênio-Isobutano (INRU) ou Sistema de Recuperação de Nitrogênio Diluente (DNRU). Além disso, nitrogênio novo (242) pode ser adicionado ao circuito de nitrogênio para considerar as perdas de nitrogênio no sistema da coluna de purga (228). Finalmente, deve-se notar que a corrente de hidrocarboneto (240) pode fornecer de forma benéfica alimentação ao sistema de fracionamento (30) (ver Figura 13). Por exemplo, a corrente de hidrocarboneto (240) descarregada da unidade de separação (236) torna disponível a alimentação de hidrocarboneto que pode ser processada para fornecer o diluente livre de olefina usado na preparação do catalisador.

Uma coluna de purga exemplar (228) pode ser um recipiente cilíndrico possuindo uma seção vertical relativamente alta, uma cobertura ou cabeça na parte superior, lados inclinados ou forma cônica na parte inferior com uma abertura para descarga de felpa de polímero. A felpa de polímero a ser degaseificada de hidrocarbonetos voláteis pode entrar no recipiente na parte superior, enquanto o gás de purga, tipicamente nitrogênio, pode ser introduzido ao recipiente nos lados inferiores inclinados. O fluxo pode ser contracorrente entre o gás de purga e a felpa de polímero no recipiente. Novamente, em certas modalidades, o gás de purga rico em hidrocarboneto deixa o recipiente através de uma abertura na parte superior, enquanto a felpa degaseificada deixa a parte inferior do recipiente.

A efetividade da degaseificação no recipiente pode ser

baseada na manutenção do fluxo em pistão uniforme da felpa de polímero e do gás de purga no recipiente, assegurando assim o bom contato entre os dois. O diâmetro do recipiente típico varia de 1,52 a 1,83 metro, mas seu comprimento (relação L/D) é escolhido para alcançar um tempo de permanência (por exemplo, de 30 a 180 minutos) suficiente para dagaseificar a felpa de polímero. Relações L/D exemplares podem variar de 4 a 8, ou fora desta faixa. Finalmente, deve-se notar que "internos" podem ser empregados na coluna de purga, tal como uma placa distribuidora para introduzir o gás de purga (nitrogênio), um cone invertido para facilitar o fluxo em pistão do polímero (por exemplo, reduzir o transporte e canalização da felpa de polímero), e assim por diante.

C. Configurações Alternativas do Sistema de Recuperação de Diluente/Monômero

Conforme será avaliado por aqueles habilitados na técnica, uma variedade de configurações pode ser empregada no sistema de recuperação de diluente/monômero (24). Por exemplo, a descarga de sólidos (230) da câmara de vaporização (224) pode ser enviada a um outro reator (por exemplo, um reator de fase gasosa) em vez de para a coluna de purga (228) ou para uma câmara de vaporização de baixa pressão. O polímero pode então depois entrar na coluna de purga (228) (isto é, a partir do reator de fase ou câmara de vaporização de baixa pressão). Se descarregado a um outro reator a partir da câmara de vaporização (224), o veneno do catalisador pode não ser injetado contracorrente na descarga (22), e, assim, os catalisadores ativos residuais permanecem para polimerização posterior. Em uma

outra configuração, a coluna de purga (228) pode ser combinada com um tanque de alimentação do extrusor no sentido do fluxo. A unidade de separação (236) associada com a coluna de purga (228) pode então acomodar a nova
5 combinação do tanque de alimentação da coluna de purga/extrusor, por exemplo.

VI. Retirada Contínua da Descarga Efluente do Reator

As Figuras 7-9 ilustram um mecanismo de retirada contínua da descarga do reator (22). Referindo-se à Figura
10 7, um mecanismo de retirada contínua (280) disposto em um cotovelo de tubulação do reator de mistura semifluida de circulação (210), é descrito. O mecanismo de retirada contínua (280) inclui um cilindro de retirada (282), uma linha de retirada de mistura semifluida (284), uma válvula
15 de desligamento de emergência (285), uma válvula motora proporcional (286) para regular o fluxo e uma linha afluente (287). O reator (210) pode ser operado cheio de "líquido", e pelo fato dos conteúdos líquidos do reator serem levemente compressíveis, o controle da pressão do
20 líquido através do sistema pode ser executado com uma válvula. Também, onde a entrada de diluente é mantida substancialmente constante, a válvula motora proporcional (58) pode ser usada para controlar a taxa de retirada contínua e para manter a pressão total do reator dentro de
25 pontos fixos designados.

Referindo-se à Figura 8, que é tomada ao longo da linha de seção 8-8 da Figura 7, um cotovelo de tubulação curvo liso possuindo o mecanismo de retirada contínua (280), é descrito. Assim, o cotovelo da tubulação ilustrado
30 pode ser considerado um cotovelo de transporte suplementar.

Conforme mostrado, o mecanismo inclui o cilindro de retirada (282) que é fixado, neste exemplo, em um ângulo reto a uma tangente à superfície externa do cotovelo. Também, o acoplamento ao cilindro (282) é a linha de retirada de mistura semifluida (284). Uma válvula aríete (288) está disposta dentro do cilindro de retirada (282), que pode servir pelo menos a dois propósitos. Primeiro, ela pode fornecer um mecanismo de limpeza para o cilindro de retirada se ela não se tornar bloqueada com o polímero, por exemplo. Segundo, ela pode servir como uma válvula de desligamento para a montagem de retirada contínua inteira.

A Figura 9 mostra uma orientação de fixação para o cilindro de retirada (282) que é fixado tangencialmente à curvatura do cotovelo e em um ponto exatamente antes ao fluxo da mistura semifluida desviando-se para cima. A abertura pode ser elíptica à superfície interna, por exemplo, e alargamento adicional pode ser implementado para melhorar a retirada de sólidos. Finalmente, deve-se notar que uma variedade de orientações da fixação do cilindro de retirada (282) pode ser implementada.

Uma retirada contínua da mistura semifluida de produto de uma reação de polimerização de olefina executada em um reator de circulação na presença de um diluente inerte permite a operação do reator a uma concentração de sólidos muito maior que com o(s) tubo(s) de depósito convencionais usados para descarregar o polímero. Por exemplo, a produção de polímeros de etileno predominantemente (polietileno) em diluente isobutano tem sido de maneira geral limitado a uma concentração de sólidos máxima no reator de 37 a 40% em peso com a configuração do tubo de depósito. Entretanto,

foi descoberto que a retirada contínua (CTO) permite aumentos significantes na concentração de sólidos. Como um resultado, a concentração de sólidos de maior que 50% em peso no reator pode ser implementada com a retirada contínua. Deve ser enfatizado que em uma operação comercial, tão pouco quanto um ponto percentual de aumento na concentração de sólido é de grande significância. Tal aumento, por exemplo, permite taxas de produção maiores de polietileno.

VII. Sistema de Extrusão/Descarga

Referindo-se à Figura 10, um diagrama de fluxo do processo do sistema de extrusão/descarga (36) da Figura 1 é descrito. A felpa de poliolefina (232) da coluna de purga (228) (Figura 5) pode ser pneumaticamente transferida, por exemplo, usando-se um soprador de fase diluída, através de uma válvula (340) no sistema de extrusão/descarga (36), e ou dentro do conduíte (342) para o silo de felpa (344), ou dentro do conduíte (346) ao tanque de alimentação do extrusor (348). O silo de felpa (344) pode ser usado para fornecer capacidade de surto durante o desligamento do extrusor (ou de outras operações) no sistema de extrusão/descarga (36). Por outro lado, o silo de felpa (344) pode também acumular felpa para permitir a operação à taxa máxima do extrusor enquanto o reator de polimerização contracorrente (210) o "alcança" durante o início do reator (210). A felpa de poliolefina no silo (344) pode ser pneumaticamente transferida ao tanque de alimentação do extrusor através da válvula rotativa (350) com a ajuda de um sistema soprador (351).

Tipicamente, entretanto, o fluxo principal de felpa de

poliolefina (232) (que pode geralmente corresponder à felpa (28) da Figura 1) se dá ao tanque de alimentação do extrusor (348) através do conduíte (346). No sentido do fluxo, a felpa da válvula rotativa (352) pode alimentar a felpa de poliolefina (354) ao extrusor (356), onde o extrusor aquece, funde e pressuriza a felpa de poliolefina (354). Como será avaliado por aqueles habilitados na técnica, a felpa (354) do tanque de alimentação do extrusor (348) pode ser medida ao extrusor (356) com uma variedade de medidores, tal como o medidor de fluxo inteligente, medidor mestre e assim por diante. Além disso, aditivos podem ser injetados na corrente de felpa (354) a uma taxa de adição que pode ser baseada em uma relação específica em relação à taxa de fluxo da massa da felpa (354). Esta relação ou alimentação "auxiliar" de aditivos à felpa (354) pode ser especificada a um valor para gerar uma receita desejada, por exemplo, para cada grau de poliolefina ou produto, e para fornecer as propriedades desejadas das pelotas de poliolefina na direção do fluxo. Além disso, a adição do aditivo pode ser efetuada com um sistema de aditivo líquido, alimentadores de perda em peso e etc. Em certas modalidades, um ou mais alimentadores de perda em peso podem ser usados para medir um pacote de aditivo pré-misturado alimentado a partir de um recipiente de volume, por exemplo, ao extrusor (356) através da corrente de felpa (354), um alimentador do extrusor (354), diretamente ao extrusor (354) e assim por diante.

Em geral, o extrusor (356) pode fundir, homogeneizar e bombear o polímero de poliolefina e aditivos através de um granulador (358), que pode incluir um pacote telado e

cabeça de fieira aquecida, por exemplo, que granula a mistura de felpa e aditivos. Também, as lâminas do granulador (isto é, sob água) podem cortar o fundido de poliolefina extrusado através da fieira em pelotas. As
5 pelotas são tipicamente temperadas por água (360) e podem se movimentar em uma mistura semifluida de pelota-água (362) do granulador (358) a um secador de retirada de água de pelota (364). O secador (364) pode separar a água livre e então secar a água restante da superfície das pelotas por
10 força centrífuga. As pelotas secas (366) podem ser descarregadas sobre uma tela de peneiração (368), por exemplo, que remove pelotas de tamanho maior e menor das pelotas sob especificação (370).

Água (360) pode ser fornecida ao granulador (358) a
15 partir de um tanque d'água (372) através de uma bomba de centrífuga (374) e resfriador (376) (por exemplo, trocador de calor de casca e tubo). Água (378) removida do secador de pelota (364) pode retornar ao tanque d'água (372). As pelotas de poliolefina (370) que saem da tela de peneiração
20 (368) podem cair por gravidade através de uma válvula rotativa (380) dentro de uma linha de condução pneumática de fase densa (382), por exemplo, e transportadas aos silos de pelota (384). Os silos de pelota podem incluir tanques de armazenagem, misturadores, tanques de armazenagem fora
25 da especificação, e assim por diante. Na modalidade ilustrada, o pacote anexo (386) fornece nitrogênio e/ou ar (388) para conduzir as pelotas (370) através da linha de condução (382) aos silos de pelota (386). As pelotas de poliolefina (390) podem ser carregadas em vagões
30 ferroviários (392), carros de tremonha, caminhões, caixas

de armazenagem, bolsas, e assim por diante. As pelotas (390) podem ser carregadas em carros de tremonha, por exemplo, usando-se um sistema de descarga por gravidade, auxiliado por ar, de descarga múltipla. Tal sistema pode
5 permitir que o carro de tremonha seja automaticamente carregado a uma taxa maior que a taxa de produção por polimerização e extrusão. Assim, o "tempo" extra gerado pelas taxas de descarga maiores pode ser explorado para fornecer tempo para mover os carros de tremonha após o
10 enchimento (372), e para reconhecer o próximo carro vazio (372). Por último, deve ser notado que o VOC na corrente de felpa de poliolefina (232) a partir da coluna de purga (228) (Figura 5) pode ser coletado em vários pontos no sistema de extrusão/descarga (36). Além disso, o VOC pode
15 escapar ou ser liberado para a atmosfera a partir de vários pontos no sistema de extrusão/descarga (36).

VIII. Modelo de Coluna de Purga

A. Resultados Exemplares

As Figuras 11 a 16 mostram resultados exemplares de
20 estudos de sensibilidade com um modelo exemplar para avaliar o impacto dos parâmetros de purga (por exemplo, temperaturas da felpa, tempo de permanência, fluxo de nitrogênio, tamanho de partícula e pressão) no VOC da corrente de polímero de poliolefina (isto é, felpa)
25 deixando a coluna de purga. O modelo exemplar é baseado na teoria de transferência de massa discutida em detalhes nas seções seguintes abaixo. Conforme esperado, o VOC da corrente de polímero diminui para temperatura de felpa maior, tempo de permanência mais longos, fluxo de gás de
30 purga maior (por exemplo, gás inerte, nitrogênio, ar,

etc.), tamanho de partícula de polímero menor, e menor pressão de purga. Acredita-se que estes parâmetros tendem geralmente a melhorar a difusão de componentes hidrocarbonetos absorvidos ou adsorvidos do polímero.

5 Destaques dos resultados exemplares são discutidos abaixo.

A Figura 11 é um gráfico exemplar (400) dos resultados de modelo de VOC (402) em ppm (partes por milhão - orgânicos voláteis na corrente de felpa de poliolefina deixando a coluna de purga) versus a temperatura (404) da poliolefina (felpa) em graus Celsius. A curva (406) ilustra
10 uma relação inversa do exemplo entre o VOC (402) e a temperatura da felpa (404). Neste exemplo, o aumento da temperatura da felpa de poliolefina na coluna de purga de 71,11°C para 80°C (aproximadamente 10% de mudança) resultou
15 em cerca de 80% de redução em VOC, de 128 ppm para 25 ppm, conforme descrito no gráfico exemplar (400) da Figura 11.

A Figura 12 é um gráfico exemplar (410) de resultados de modelo de VOC (412) em ppm na corrente de poliolefina (felpa) que sai da coluna de purga (por exemplo, coluna de
20 purga (228)), versus o tempo de purga (414) em minutos. Nesta modalidade, o tempo de purga (414) é o tempo de permanência da felpa de poliolefina na coluna de purga. A curva (416) ilustra uma relação inversa do exemplo entre VOC (412) e o tempo de purga (414). Neste exemplo, o
25 aumento do tempo de purga (414) de 60 minutos para 75 minutos (25% de aumento) resultou em cerca de 73% de redução no VOC (412), de 34 ppm para 9 ppm. Entretanto, com este aumento desejado no tempo de purga (414), a taxa de produção de felpa de poliolefina que sai do reator de
30 polimerização contra direção do fluxo (por exemplo, reator

de circulação (210)) foi diminuída em 20% no modelo considerando-se o controle de inventário na coluna de purga.

A Figura 13 é um gráfico exemplar (420) dos resultados do modelo de VOC (422) na poliolefina deixando a coluna de purga versus a relação (424) entre a taxa de fluxo do gás de purga (neste exemplo, nitrogênio) e a taxa de fluxo do polímero de poliolefina deixando a coluna de purga. Como as variáveis acima mencionadas, a curva (426) ilustra uma relação inversa exemplar de VOC (422) versus a relação (424) das taxas de fluxo. Nesta modalidade do modelo, o aumento do gás de purga de 314,79 kg/h para 367,41 kg/h (17% de aumento) resultou em cerca de 40% de redução em VOC de 50 ppm para 30 ppm. Neste cálculo, o tempo de permanência e a temperatura da felpa na coluna de purga foram mantidos constantes.

A Figura 14 é um gráfico exemplar (430) de resultados de modelo de VOC (432) na corrente de poliolefina (felpa) descarregada da coluna de purga versus o tamanho de partícula médio (434) em polímero de poliolefina (felpa) de 10^{-6} metros (micrômetro ou μm). Conforme as variáveis supracitadas, existe uma relação proporcional entre VOC (432) e o tamanho de partícula do polímero (434), conforme ilustrado pela curva exemplar (436). Em um exemplo de sensibilidade do modelo, com tamanho de partícula de felpa reduzido de 800 μm para 600 μm (25% de diminuição), o VOC (432) foi reduzido em cerca de 43% de 47 ppm para 26 ppm.

A Figura 15 é um gráfico exemplar (440) de resultados de modelo de VOC (442) na corrente de poliolefina (felpa) que sai da coluna de purga versus a pressão (444) do gás de

purga (por exemplo, gás inerte) que entra na coluna de purga. A curva (446) ilustra uma relação proporcional exemplar entre VOC (442) e a pressão de purga (444). No modelo exemplar, a redução da pressão de purga (444) de 34,47 kPa para 20,68 kPa, uma redução de 40%, resultou em uma redução de cerca de 36% em VOC de 44 ppm para 28 ppm.

A Figura 16 é um gráfico (450) de resultados de modelo exemplar de temperatura de purga (452) (isto é, temperatura da poliolefina na coluna de purga) *versus* o tempo de purga (454) (isto é, tempo de permanência da poliolefina na coluna de purga). A curva (456) representa o equilíbrio entre a temperatura de purga (454) (temperatura da felpa) e o tempo de purga (454) (tempo de permanência), enquanto se mantém constante o VOC na corrente de poliolefina e o inventário na coluna de purga. Nestes resultados de exemplo do modelo de coluna de purga, uma queda de aproximadamente 10% na temperatura de purga (da felpa) de 76,67°C para 67,22°C corresponde geralmente a uma necessidade por cerca de 50% de aumento no tempo de purga (tempo de permanência) na coluna de purga de 59 minutos para 88 minutos para manter VOC (nenhum aumento) na corrente de poliolefina que sai da coluna de purga.

A Tabela resume uma ordem exemplar dos efeitos dos parâmetros na redução de VOC para uma resina exemplar neste estudo. A resina do exemplo é grau TR-418F obtida de Chevron Phillips Chemical Company LP de The Woodlands, Texas. A resina TR-418F geralmente possui uma densidade volumétrica de felpa de 14,42 mg/cm³ a 15,54 mg/cm³. Aplicações finais de tal resina podem incluir filme, tubos e moldagem por sopro, e etc. Análise com a resina é apenas

dada como um exemplo, e não pretende limitar as presentes técnicas a uma resina particular ou grau de resina particular. Além disso, as presentes técnicas e modelo de coluna de purga podem acomodar uma variedade de polímeros ou resinas de poliolefina unimodal ou bimodal produzidos com um único reator ou múltiplos reatores em série, e assim por diante.

Tabela 1

Impacto/Ordem Exemplar de Parâmetro de Purga na Redução de VOC para Polímero

Parâmetro (Par)	$\Delta\text{Par}/\text{Par}$	$\Delta\text{VOC}/\text{VOC}$	$ \Delta\text{VOC}/\text{VOC}/\Delta\text{Par}/\text{Par} $
Temperatura (°C)	1,4%	-21,2%	15,0
Tempo de permanência (min)	7,3%	-30,2%	4,2
Fluxo do gás de purga (g/h)	3,2%	-8,7%	2,8
Tamanho de Partícula (µm)	5,2%	13,3%	2,5
Pressão de Purga (Pa)	-15,9%	-15,4%	1,0

Neste exemplo de resina de poliolefina TR-418F, a ordem aproximada de significância na redução de VOC na corrente de polímero de poliolefina que sai da coluna de purga é a temperatura da felpa, tempo de permanência, fluxo do gás de purga (por exemplo, nitrogênio), tamanho de partícula da felpa e pressão de purga. Nesta modalidade, a alta temperatura da felpa tinha o maior impacto sobre a redução de VOC para o polímero. Portanto, neste exemplo, a mais alta temperatura possível da felpa da coluna de purga alcança a mais alta recuperação possível de hidrocarbonetos

no INRU e reduz as emissões potenciais de VOC na instalação. A mais alta temperatura possível da coluna de purga pode ser geralmente alcançada executando-se na mais alta temperatura possível de gás de vaporização antes de se
5 encontrar os problemas operacionais relacionados à temperatura (por exemplo, limitado pelo ponto de amolecimento ou ponto de fusão da poliolefina). Deve ser notado que a temperatura do gás de vaporização é geralmente controlada através de aquecedores em linha de vaporização
10 contra a direção do fluxo. Neste exemplo, o aquecimento do gás de purga possui relativamente pouco impacto na degaseificação uma vez que a capacidade térmica do gás de purga (por exemplo, nitrogênio) é tipicamente baixa e o fluxo de massa do gás de purga comparado ao fluxo de massa
15 do polímero é muito pequena.

O VOC reduzido observado para tamanho de partícula de felpa menor sugere que pode ser benéfico empregar tecnologia de catalisador ou de reator para produzir polímero com tamanho de partícula menor. À parte da
20 circulação de melhor potencial no reator de polimerização contra o fluxo para tais resinas de partículas menores, a partículas pequenas podem levar a melhor degaseificação na coluna de purga para a resina, especialmente as de baixa densidade. O mínimo selecionado ou mínimo do tamanho de
25 partícula do polímero pode ser determinado por necessidades de circulação no reator, estabelecendo a eficiência dos sistemas de transferência de felpa de poliolefina.

Em resumo, os modelos da coluna de purga exemplares das presentes técnicas podem representar uma contribuição
30 significativa à série de ferramentas para suportar a

produção de poliolefina. O modelo pode ser usado para suporte da instalação e para avaliar os desenhos e a operação da coluna de purga. O modelo é geral e aplica-se à degaseificação das resinas de polietileno não fundidas, geralmente sem considerar a sua tecnologia de produção (polimerização de fase líquida, polimerização de fase gasosa, reator de circulação, reatores de autoclave, reatores de leito fluidizado, reatores agitados, etc.).

B. Esquema do Processo Exemplar do Modelo

A Figura 17 é um esquema do processo exemplar de uma modalidade do modelo de coluna de purga. A Figura 17 mostra um sistema de recuperação de diluente/monômero (24) exemplar incluindo o aquecedor em linha de vaporização (22), recipiente de vaporização (224), e coluna de purga (228). O hidrocarboneto ou mistura semifluida de polímero de poliolefina rico em diluente é retirado do reator de polimerização contra o fluxo (210) (por exemplo, através de uma retirada contínua do reator (210)). A mistura semifluida é aquecida no aquecedor de linha de vaporização (222) com o vapor para ebulir o líquido de hidrocarboneto (por exemplo, diluente e monômero e comonômero não reagido) associado com o polímero no vapor. O vapor (458) entra em um invólucro (isto é, anel do conduíte externo sobre o conduíte interno) do aquecedor de linha de vaporização (222) e sai à medida que o vapor condensa-se (459). Mais de uma retirada contínua (e mais de um aquecedor de linha de vaporização associado (222)) pode ser empregada para um dado reator (210).

A mistura de polímero-vapor é vaporizada no tanque de vaporização (228) para separar o vapor de hidrocarboneto

(gás de vaporização (226)) da felpa de polímero (descarregada como corrente de poliolefina (230)). Conforme discutido, nesta modalidade, a corrente (230) que inclui a felpa de polímero e qualquer hidrocarboneto carregado são
5 enviados à coluna de purga (228) para purga com o gás de purga reciclado (nitrogênio) (238) (e gás de purga novo (nitrogênio) (242)) para reduzir o conteúdo de hidrocarboneto (ou conteúdo orgânico volátil) do polímero de poliolefina a limites desejáveis ou permissíveis. Deve-
10 se notar que o gás de vaporização (226) pode ser processado por um filtro de bolsa (464) (ou ciclone) e o gás de vaporização (226A) é então enviado a uma coluna de pesados no sistema de fracionamento (30), por exemplo. Quaisquer partículas sólidas recuperadas através de um filtro de
15 bolsa (468) podem ser enviadas à coluna de purga, por exemplo. De forma semelhante, o gás de purga rico em hidrocarboneto suspenso (234) que sai da parte superior da coluna de purga (228) pode ser processado em um filtro de bolsa (466), onde os sólidos (470) (por exemplo, sólidos
20 poliméricos) são removidos e retornados à coluna de purga (228).

A configuração do processo para os presentes modelos pode incorporar uma descarga de polímero de poliolefina do recipiente de vaporização (224) para mover-se através de
25 uma válvula rotativa (460), assim como através de outro equipamento, tais como câmaras de surto de felpa, etc. Também, o nitrogênio que entra na coluna de purga pode ser aquecido em um trocador de calor (472) que emprega o vapor (474), por exemplo. Também, a felpa de poliolefina que sai
30 da porção inferior da coluna de purga pode se mover através

de uma ou mais válvulas rotativas (462 e 232) na parte de extrusão da instalação.

Conforme indicado, vários fatores podem influenciar a efetividade da coluna de purga (228) na degaseificação do polímero, a saber, temperatura de purga, tempo de purga, pureza do gás de purga (nitrogênio) e taxa de fluxo, tamanho de partícula, pressão de purga, densidade do polímero, e assim por diante. As presentes técnicas fornecem um ou mais modelos para projetar e avaliar as colunas de purga (228) para selecionar as várias combinações de parâmetros para a purga efetiva das resinas poliméricas. Novamente, embora partes da presente discussão possam focar na construção e uso de um modelo para colunas de purga (228) na fábrica (instalação) de polietileno de mistura semifluida em circulação, o modelo é facilmente aplicável e adaptável para se dirigir à purga do polímero de uma maneira geral, tais como em instalações de polipropileno em circulação, instalações de fase gasosa e assim por diante.

20 C. Descrição do Modelo

Assumiu-se, nas modalidades do modelo de coluna de purga, que o tempo de purga é o tempo de permanência (T_{res}) do polímero na coluna de purga. Assim, se a taxa de produção da instalação é W_{PE} , o inventário de polímero na 25 coluna (W_{inv}) é:

$$W_{inv} = W_{PE} \times T_{res} \quad (1)$$

Então, dada a densidade volumétrica do polímero (ρ_b) na coluna e o diâmetro da coluna (D_{bed}), a altura do inventário na coluna (H_{bed}) torna-se:

$$30 \quad H_{bed} = W_{inv} / (0,25\pi D_{bed}^2 \rho_b) \quad (2)$$

Para uma instalação em operação, o inventário da coluna de purga é geralmente expresso como uma fração (f_{bed}) da janela de operação entre o nível de inventário mínimo (H_{LL}) e o nível de inventário máximo (H_{HL}) da coluna. Em
5 cujo caso, o nível de inventário para a coluna torna-se:

$$H_{bed} = H_{LL} + f_{bed} * (H_{HL} - H_{LL}) \quad (3)$$

Portanto, o tempo de permanência e o inventário do material para a coluna de purga podem ser estimados para uma planta em operação a partir das equações 1-2. Tendo-se
10 determinado o tempo de permanência e o inventário da coluna de purga, a etapa seguinte no modelo pode ser estimar a altura de um estágio de separação (HETP) e o número de estágios (N) para a coluna:

$$N = H_{bed}/HETP \quad (4)$$

15 Em um exemplo, o método de Oanda e outros (Kister, 1992) é usado no modelo para estimar HETP para a coluna e seu número de estágios de separação. A Figura 18 descreve o fluxo de material em estágios (480) possuindo estágios (484) para um componente (i) (por exemplo, um
20 hidrocarboneto particular tal como isobutano) na coluna de purga. Conforme mostrado, o estágio 1 (486) é a parte inferior da coluna, o estágio N (482) é a parte superior da coluna, o polímero que está sendo purgado é alimentado na parte superior (em 492) da coluna, e o gás de purga (por
25 exemplo, nitrogênio) é alimentado na parte inferior (em 488) da coluna. O gás de purga de hidrocarboneto deixa a parte superior (em 490) da coluna e o polímero deixa a parte inferior (em 494) da coluna. O equilíbrio do material para um componente (i) para um estágio (k) na coluna é
30 portanto:

$$F_{ik+1} + G_{ik-1} = F_{ik} + G_{ik}; k = 1, \dots, N \quad (5).$$

Os termos F_{ik+1} e F_{ik} são, respectivamente, os fluxos de massa de componente no polímero que entra e sai do estágio. Similarmente, G_{ik-1} e G_{ik} são os fluxos de massa de componente para o gás que entre e sai do estágio. O equilíbrio de massa na equação 5 pode ser expresso em termo de taxa de degaseificação de componente para um estágio (E_{ik}) como segue:

$$E_{ik} = F_{ik+1} - F_{ik} = W_{PE}(X_{ik+1} - X_{ik}); k = 1, \dots, N; i = 1..NC \quad (6a)$$

$$E_{ik} = G_{ik} - G_{ik-1} = G_k Y_{ik} - G_{k-1} Y_{ik-1}; k = 1, \dots, N; i = 1..NC \quad (6b)$$

A equação 6a fornece o equilíbrio de material para a fase de polímero na coluna, enquanto a equação 6b fornece o equilíbrio de material para a fase gasosa na coluna. Os X_{ik+1} e X_{ik} (equação 6a) são as frações de massa do componente no polímero que entra e deixa o estágio, enquanto Y_{ik-1} e Y_{ik} (equação 6b) são as frações correspondentes de massa para o gás de purga para o estágio. A equação 6a assume que a quantidade de hidrocarboneto dissolvida no polímero é pequena comparada à quantidade do polímero.

Nestas modalidades, as equações de equilíbrio do material acima assumem que os conteúdos de hidrocarboneto do polímero (F_{iN+1} e X_{iN+1}) para degaseificação na coluna de purga são conhecidos. No processo em circulação, F_{iN+1} e X_{iN+1} podem ser estimados a partir da composição do gás de vaporização contra o fluxo (por exemplo, gás de vaporização (226)) do recipiente de vaporização contra o fluxo (por exemplo, recipiente de vaporização (224)), vaporização sob alta pressão, recipiente de vaporização de pressão intermediária, recipiente de vaporização de baixa pressão,

etc.), assumindo o equilíbrio entre o gás de vaporização e o polímero. É claro que tanto fluxo quanto composição são frequentemente conhecidos para o gás de purga (isto é, G_{i0} e Y_{i0}). Assim, neste exemplo, as alimentações de material à
 5 coluna são definidas. O modelo estima as correntes de material (fluxo e composição) que deixam a coluna: F_{i1} e X_{i1} para o polímero e G_{iN} e Y_{iN} para o gás.

Neste exemplo, assumindo-se partículas esféricas para o polímero e usando-se correlações por Qi e outros (1996),
 10 pode-se estimar a fração de massa dos componentes para o polímero para um estágio na coluna como segue:

$$X_{ik} = (X_{ik+1} - X_{isk})\phi_{ik} + X_{isk} \quad (7)$$

$$\phi_{ik} = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{6}{n^2 \pi^2} \exp \left(- \frac{n^2 \pi^2 D_i t_k}{R_p^2} \right) \quad (8a)$$

$$k = T_{res}/N \quad (8b)$$

onde:

X_{isk} = Fração de massa de superfície do componente
 20 para a partícula de polímero

D_i = Coeficiente de difusão para o componente para o polímero (cm^2/s)

t_k = Tempo de permanência para o polímero para o estágio k (s)

25 R_p = Raio médio para a partícula de polímero (cm).

Se o componente no gás que deixa um estágio é assumido como estando em equilíbrio com o componente na superfície do polímero que deixa o estágio, a concentração da
 30 superfície para o componente no polímero pode ser estimada

a partir da correlação de Hutchinson e Ray (1987), por exemplo, como:

$$X_{isk} = \alpha_v \times KVLE_i \times P_{atm} \times y_{ik} \times MW_i / (1000 \times \rho_{PE}) \quad (9)$$

$$\text{Log}(KVLE_i) = -2,38 + 1,08(T_{ci}/T)^2 \quad (10a)$$

$$\alpha_v = (\rho_{cr} - \rho_{PE}) / (\rho_{cr} - \rho_{am}) \quad (10b)$$

onde:

α_v = Fração da fase amorfa para o polímero

$KVLE_i$ = Constante de equilíbrio para componente para polietileno

10 P_{atm} = Pressão da coluna de purga (Pa)

y_{ik} = Fração molar para componente para gás de purga deixando o estágio k

MW_i = Peso molecular do componente

ρ_{PE} = Densidade do polímero (g/cm^3)

15 T_{ci} = Temperatura crítica para um componente

T = Temperatura da coluna de purga

ρ_{am} = Densidade amorfa do polímero ($\sim 0,852 \text{ g/cm}^3$)

ρ_{cr} = Densidade cristalina do polímero ($\sim 1,01 \text{ g/cm}^3$).

As correlações de Hutchinson e Ray's (equações 9 e 10) podem acomodar uma ampla faixa de resinas de polietileno, do amorfo (por exemplo, LLDPE) ao menos amorfo (por exemplo, HDPE). Estas correlações exemplares, portanto, são adequadas para estima a solubilidade do hidrocarboneto e de não hidrocarboneto em todas as resinas de polietileno, do processo de mistura semifluida de circulação ou outros processos.

D. Solução do Modelo

Em certas modalidades, o modelo pode ser solucionado concluindo-se o equilíbrio do material total para a coluna, expresso como:

$$DF_i = F_{iN+1} + G_{i0} - F_{i1} - G_{iN} \quad (11)$$

O termo DF_i é a diferença no fluxo de material para e a partir da coluna para um componente. Nos exemplos, a solução do modelo significa levar esta diferença (DF_i) a zero ou um valor insignificante (por exemplo, 10^{-6}) para todos os componentes na coluna. Este método de solução para a coluna é geralmente iterativo com os fluxos de material para e a partir da coluna contra-corrente, com as correntes alimentadas (polímero e gás de purga) conhecidas, e as correntes de produto (polímero degaseificado e vapor rico em hidrocarboneto) tipicamente desconhecidos *a priori*. Assim, neste exemplo, um valor inicial de uma das correntes de produto a partir da coluna, vapor (G_{iN}) ou polímero (F_{i1}), é estimado (por exemplo, uma suposição inicial com base na experiência de operação) para iniciar a solução da coluna. A corrente estimada é variada iterativamente até que, de maneira geral, todos os equilíbrios de material para a coluna estejam finalizados. Como um exemplo, a corrente de vapor deixando a parte superior da coluna pode ser assumida e as etapas no algoritmo na Tabela 2 seguido para solucionar o equilíbrio do material para a coluna.

Tabela 2

Algoritmo Exemplar para Solucionar o Modelo de Coluna de Purga

- 1 - Assumir o fluxo de vapor da coluna (isto é, G_{iN} , Y_{iN}).
- 2 - Estimar a partir de y_{iN} e equação 9, a concentração de superfície (X_{iSN}) do componente para as partículas de polímero deixando o estágio N.
- 3 - Estimar a partir de X_{iSN} e equação 7, a

concentração de volume do componente (X_{iN}) para o polímero que deixa o estágio N, a quantidade ainda adsorvida no polímero ($F_{iN} = W_{PE}X_{iN}$), e a quantidade degaseificada para o estágio N (isto é, $E_{iN} = W_{PE}(X_{iN+1} - X_{iN})$). Note que a
5 composição alimentada de polímero (X_{iN+1}) para a coluna é conhecida.

4 - Estimar a partir do equilíbrio do material na equação 6 (a, b), o vapor alimentado ao estágio N a partir do estágio N-1 (isto é, $G_{iN-1} = G_{iN} - E_{iN}$) e sua fração molar
10 (Y_{iN-1}).

5 - Repetir as etapas 2 - 4 para os estágios $k = N-1, N-2, \dots, 2, 1$.

6 - Avaliar DF_i (equação 11) para verificar a finalização do equilíbrio do material para a coluna.

15 a) Se $|DF_i| = 0$ (ou 10^{-6}), o modelo solucionado e a iteração é interrompida.

b) Se $|DF_i| > 0$ (ou 10^{-6}), continuar iteração ajustando-se o fluxo de vapor da coluna (G_{iN} e Y_{iN}) e repetir as etapas 2 - 6 até que a etapa 6a seja satisfeita.

20 **E. Construção de Modelo e Interface**

Como um exemplo, o modelo pode ser implementado em Aplicações de Visual Basic com uma planilha Excel como uma interface (veja, por exemplo, Figura 19) para entrada e saída do modelo. Instruções para executar o modelo podem
25 ser fornecidas ao usuário ou para operar automaticamente o modelo. A Figura 19 descreve uma interfade exemplar (500) para os modelos da coluna de purga. A interface (500) é uma planilha eletrônica possuindo partes ou caixas 502, 504, 506, 508, 510, 512, 514, 516, 518 e 520 para entrada de
30 dados (por exemplo, em células da planilha eletrônica

dentro das caixas). Estas partes ou caixas podem também fornecer saída do modelo nas células da planilha eletrônica. As células de entrada podem ser destacadas com uma cor diferente das células de saída, por exemplo. As

5 entradas e saídas podem ser as concentrações do componente hidrocarboneto individuais e o VOC total. Os resultados de VOC podem ser fornecidos na caixa (522). Os resultados do gás de purga podem ser entrados ou saídos na caixa (424) nesta interface exemplar, conforme mostrado na interface do

10 modelo da Figura 19, separado da alimentação do gás de purga principal (516) à parte inferior da coluna (228); o modelo pode também simular o impacto na purga do uso de gás de purga secundário (518) em um estágio na coluna (228).

Nesta interface exemplar, que pode ser mostrada em um

15 monitor de um computador pessoal, por exemplo, as caixas (502 a 510) fornecem entradas do modelo (por exemplo, destacadas em vermelho). Os resultados do modelo (por exemplo, destacados em azul) podem ser também mostrados nestas caixas e calculados automaticamente pelo modelo. Por

20 fim, os botões 526, 528 e 530 (por exemplo, com comandos básicos de Visual Basic) podem ser selecionados ou "clicados" para operar o modelo com base em diferentes tipos de entradas e limitações. Neste exemplo, o botão (526) pode ser selecionado para estimar a composição em ppm

25 dos componentes de hidrocarboneto individuais na felpa alimentada à coluna de purga (mostrada na caixa (510)) com base nos dados fornecidos pelo usuário nas caixas (506 e 508).

Nesta interface exemplar, para executar o modelo, o

30 usuário pode fornecer os dados de nível do leito na caixa

(504), e então selecionar ou "clique" (isto é, com um cursor do mouse) no botão (528) para executar o comando "Purgar a Felpa para o Nível de Leito Fornecido" para estimar o tempo de permanência da coluna de purga e o VOC da felpa após a purga para aquele período de tempo. Por outro lado, o usuário pode fornecer o tempo de purga em uma caixa (504) e então selecionar o botão (530) para executar o comando "Purgar a Felpa por um Tempo de Purga Fornecido" para estimar o VOC da felpa após a purga para aquele período de tempo.

O VOC da felpa previsto pode diferir dos dados da instalação, se conhecidos. Neste caso, os dados conhecidos da instalação podem ser colocados em uma caixa (512) nesta interface, e o botão (532) selecionado para executar o comando "Ajustar o Modelo de Purga aos Dados da Instalação" para ajustar os parâmetros de difusão no modelo para ajustar as previsões do modelo aos dados da instalação. Fornecido o VOC desejado para o polímero, o modelo pode estimar o fluxo de gás de purga para alcançar este objetivo. Para fazer isto, os dados objetivados de VOC podem ser inseridos na interface em uma caixa (524), e o botão (534) selecionado para executar o comando "Estimar o VOC Fornecido do Gás de Purga" para estimar a composição da taxa do gás de purga para satisfazer o VOC objetivado para a felpa de polímero que sai da coluna de purga (228).

F. Validação do Modelo

Os dados da instalação foram coletados de instalações de operação de polietileno para validar o modelo. Dados de amostra em pares foram coletados, uma amostra da alimentação do tanque de vaporização à coluna de purga e

uma amostra da felpa de polímero deixando a coluna de purga. Os procedimentos de amostragem para testar VOC na instalação de fabricação podem envolver conectar um cilindro de amostra a uma porta de amostra na parte superior ou inferior da coluna de purga e abrir e fechar válvulas na porta e cilindro para coletar a amostra. Os dados e tempo de cada coleta de amostra podem ser registrados para recuperação dos dados do processo para a coluna a partir do histórico dos dados da instalação em datas posteriores. As amostras podem ser então analisadas no laboratório na instalação para medir o conteúdo de hidrocarboneto de cada amostra de felpa de polímero, dentro de 10 minutos de coleta, por exemplo. O carregamento de orgânicos ou hidrocarboneto pode ser estimado para cada amostra. Um cálculo de carregamento exemplar inclui estimar o volume vazio entre as partículas de polímero na alimentação à coluna de purga e a massa de gás de vaporização do tanque de vaporização que estará contido neste volume, como segue:

$$Ent_i = y_i \times P \times MW_i \times W_{PE} (1/\rho_b - 1/\rho_{PE}) / RT \quad (12)$$

onde:

Ent_i = Carreamento para um componente (g/h)

MW_i = Peso molecular de um componente

P = Pressão do tanque de vaporização (Pa)

R = Constante do gás (0,7304 atm.feet³/lb-mole.R)

T = Temperatura do tanque de vaporização (°C)

W_{PE} = Taxa de produção do reator (g/h)

y_i = Fração molar do componente do gás de vaporização

ρ_b = Densidade volumétrica da felpa (g/cm³)

ρ_{PE} = Densidade sólida do polímero (g/cm³)

As correções de carreamento podem ou não podem incluir hidrocarbonetos de perdas de processo, que são difíceis de medir ou mesmo estimar. Uma estratégia para contar as perdas do processo pode ser adicionar uma fração de gás a partir do tanque de vaporização ao gás de carreamento, dependendo da diferença de pressão entre o tanque de vaporização e a coluna de purga, e assim por diante. Em certos exemplos, acredita-se que tais perdas podem responder por cerca de 4% de fluxo de material em torno da coluna de purga nas instalações.

Um resumo das variáveis das equações está listado abaixo.

Notações:

	D_{bed}	Diâmetro da coluna de purga (m)
15	D_i	Coeficiente de difusão para um componente (m^2/s)
	DF_i	Erro do equilíbrio do material para um componente (g/h)
	E_{ik}	Taxa de degaseificação do componente para o polímero (g/h)
20	Ent_i	Carreamento para um componente (g/h)
	f_{bed}	Fração do nível do leito na coluna de purga (%)
	F_{ik}	Taxa de fluxo para um estágio para componente adsorvido para o polímero (g/h)
25	G_k	Taxa de fluxo para um estágio para gás de purga (g/h)
	G_{ik}	Taxa de fluxo para um estágio para um componente para gás de purga (g/h)
	HETP	Altura de um estágio em coluna de purga (m)
30	H_{bed}	Nível de inventário do polímero na coluna de purga (m)

	H_{LL}	Nível de inventário mínimo para coluna de purga (m)
	H_{HL}	Nível de inventário máximo para coluna de purga (m)
5	MW_i	Peso molecular de um componente
	$KVLE_i$	Constante de equilíbrio para um componente para o polímero
	N	Número de estágios para coluna de purga
10	NC	Número de componentes do material na coluna de purga
	P	Pressão do tanque de vaporização (Pa)
	P_{atm}	Pressão da coluna de purga (Pa)
	PPM	Fração de massa do componente no polímero
15	R	Constante ideal do gás ($0,7304 \text{ atm. feet}^3/\text{lb-mol.R}$)
	R_p	Raio da partícula de polímero (m)
	T_{ci}	Temperatura da fase de emulsão no leito ($^{\circ}\text{C}$)
	T	Temperatura da coluna de purga ou do tanque de vaporização ($^{\circ}\text{C}$)
20	t_k	Permanência na coluna de purga do polímero para um estágio (s)
	T_{res}	Tempo de permanência do polímero na coluna de purga (h)
	W_{inv}	Inventário da coluna de purga (g)
25	W_{PE}	Taxa de retirada do polímero para o reator (g/h)
	X_{ik}	Fração de massa média do componente para o polímero
	X_{isk}	Fração de massa do componente na superfície da partícula do polímero
30	y_{ik}	Fração molar do componente para o gás de purga

para um estágio

Letras Gregas:

α_v Fração da fase amorfa para o polímero

ρ_{am} Densidade do polímero amorfo (g/cm^3)

5 ρ_{cr} Densidade do polímero cristalino (g/cm^3)

ρ_b Densidade volumétrica do polímero (g/cm^3)

ρ_{PE} Densidade do polímero (g/cm^3)

ϕ_{ik} Parâmetro para um estágio na equação 8a

Índices:

10 i Um componente na coluna de purga ou tanque de vaporização

k Um estágio na coluna de purga.

REIVINDICAÇÕES

1. Método para simular o conteúdo orgânico volátil (VOC) da corrente de produto de poliolefina que é descarregada a partir de uma coluna de purga (228) de um sistema de polimerização de poliolefina, o método compreendendo:

um componente de interface configurado para fornecer uma entrada ao modelo e saída do modelo; e

um componente de cálculo iterativo baseado em uma teoria de transferência de massa e caracterizado por ser configurado para representar a remoção dos componentes orgânicos voláteis a partir de uma corrente de poliolefina que flui através da coluna de purga (228), e para fornecer um valor calculado do VOC em uma corrente do produto de poliolefina que é descarregada da coluna de purga (232).

2. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que as entradas ao modelo compreendem uma taxa de fluxo da corrente de poliolefina através da coluna de purga (228) e uma taxa de fluxo de um gás de purga através da coluna de purga (238,242), o gás de purga fluindo contracorrente à corrente de poliolefina.

3. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a entrada ao modelo compreende uma temperatura de um gás de vaporização que é descarregado na parte de cima (226) de um recipiente de vaporização (224) disposto à montante da coluna de purga (228), e onde a temperatura do gás de vaporização é indicativa de uma temperatura da corrente de poliolefina que entra na coluna de purga (230).

4. Método, de acordo com a reivindicação 1,

caracterizado pelo fato de que o modelo estima uma altura de um estágio de separação na coluna de purga (228) e vários estágios de separação na coluna de purga (228).

5. Método, de acordo com a reivindicação 1,
5 **caracterizado** pelo fato de que a entrada ao componente iterativo é uma estimativa inicial de uma concentração de um componente de hidrocarboneto na corrente de produto de poliolefina que é descarregada da coluna de purga (232).

6. Método, de acordo com a reivindicação 1,
10 **caracterizado** pelo fato de que a entrada ao componente iterativo é uma estimativa inicial de uma concentração de um componente de hidrocarboneto em um gás de purga rico em hidrocarboneto que sai da coluna de purga (234).

FIGURA 1

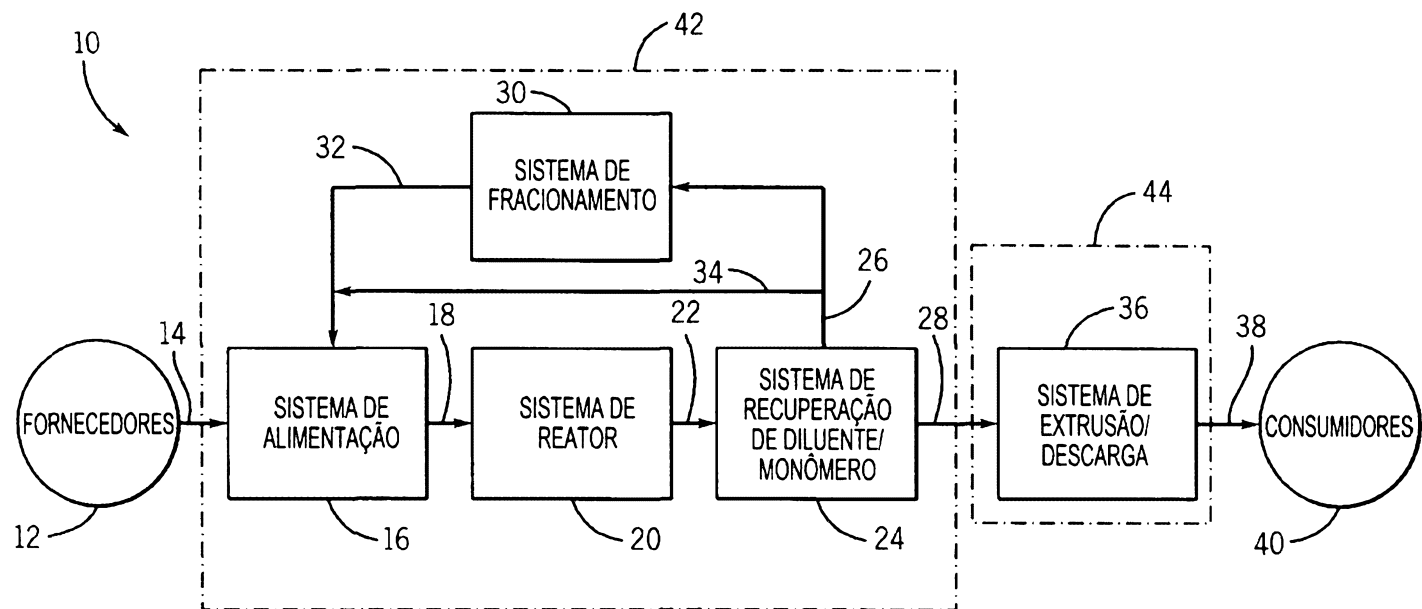
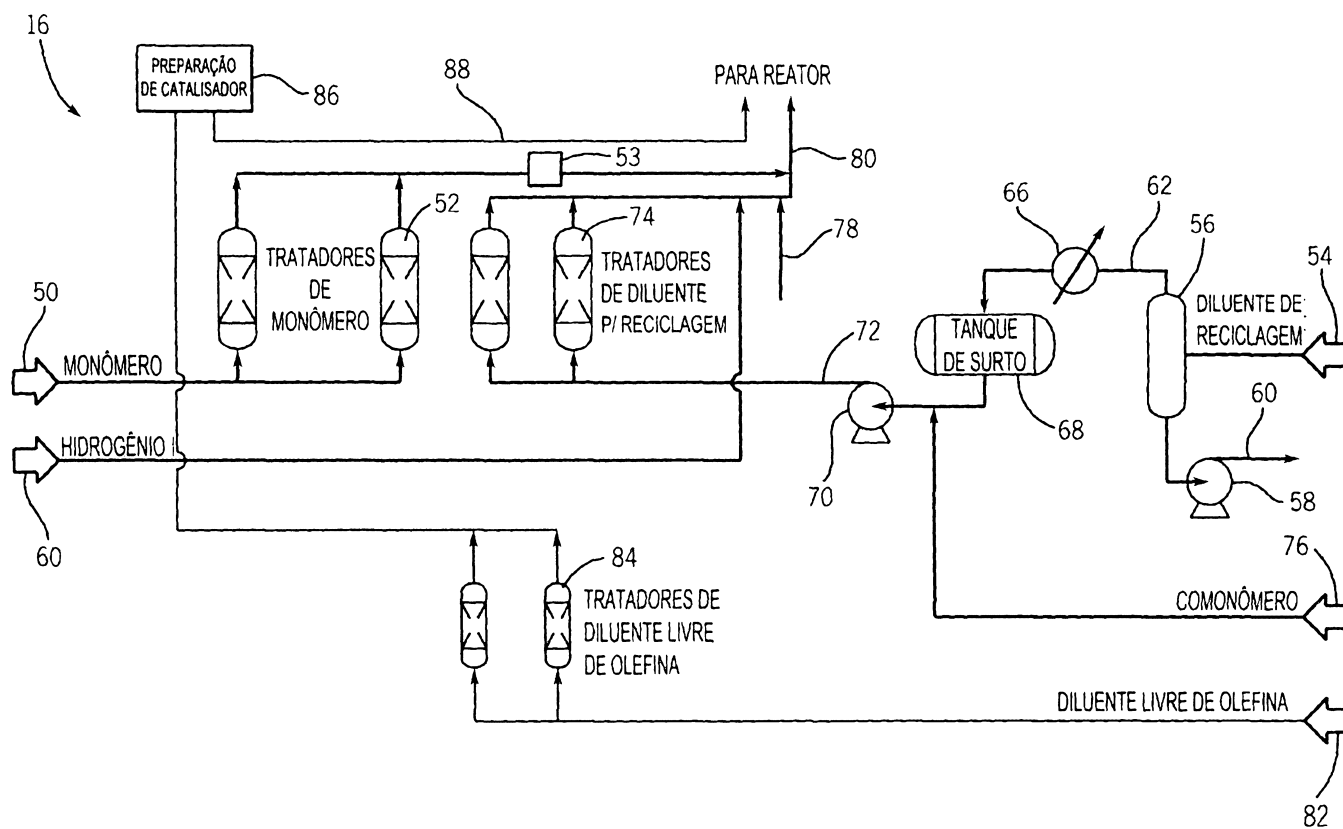


FIGURA 2



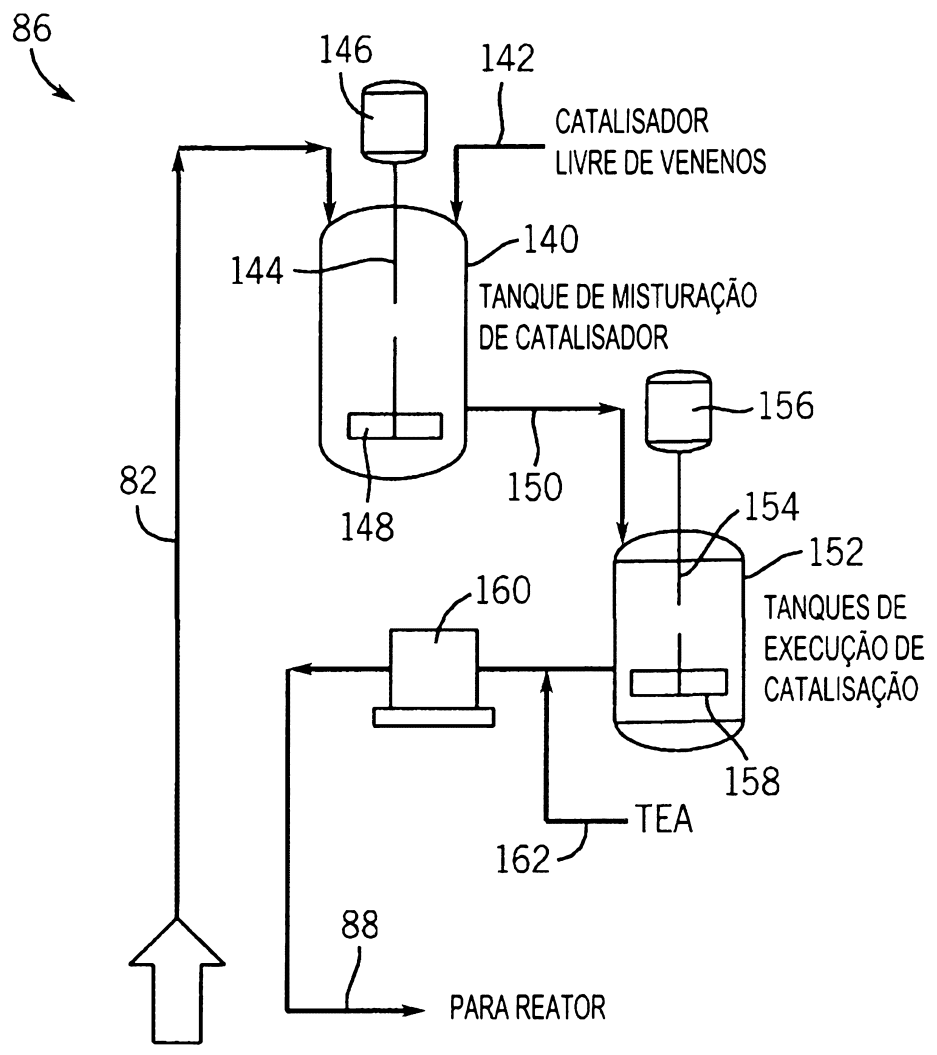


FIGURA 3

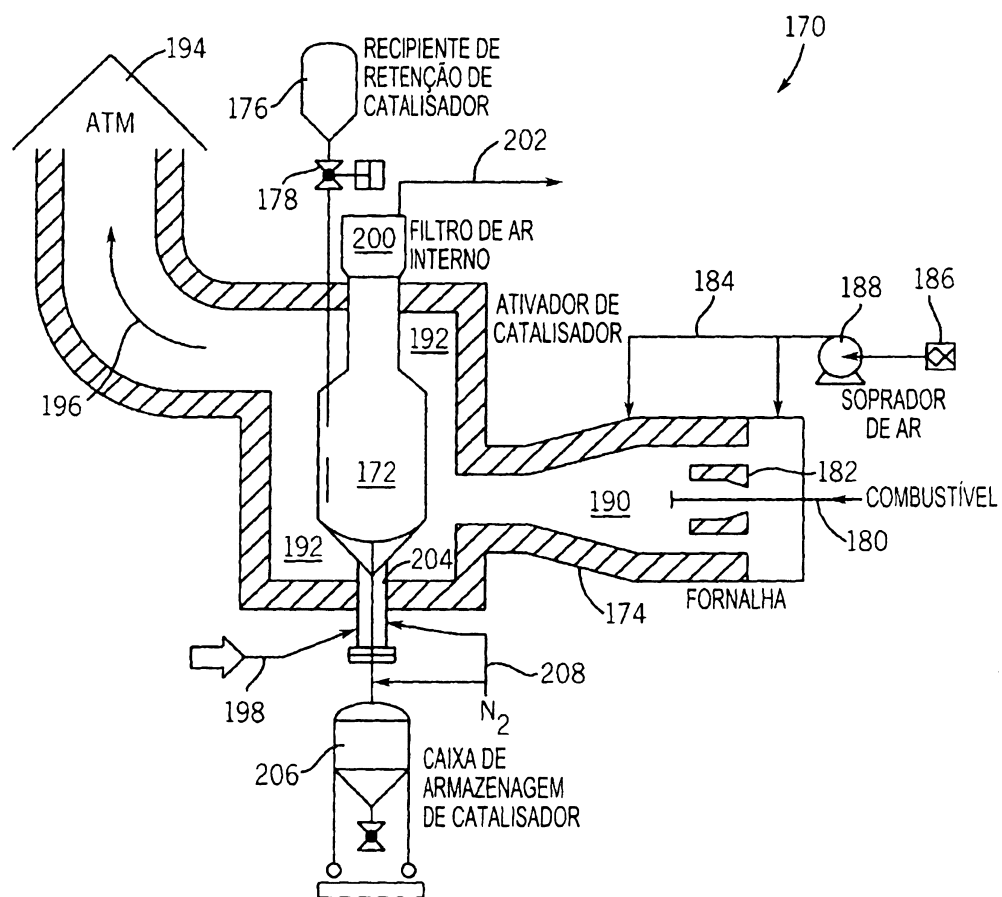


FIGURA 4

FIGURA 5

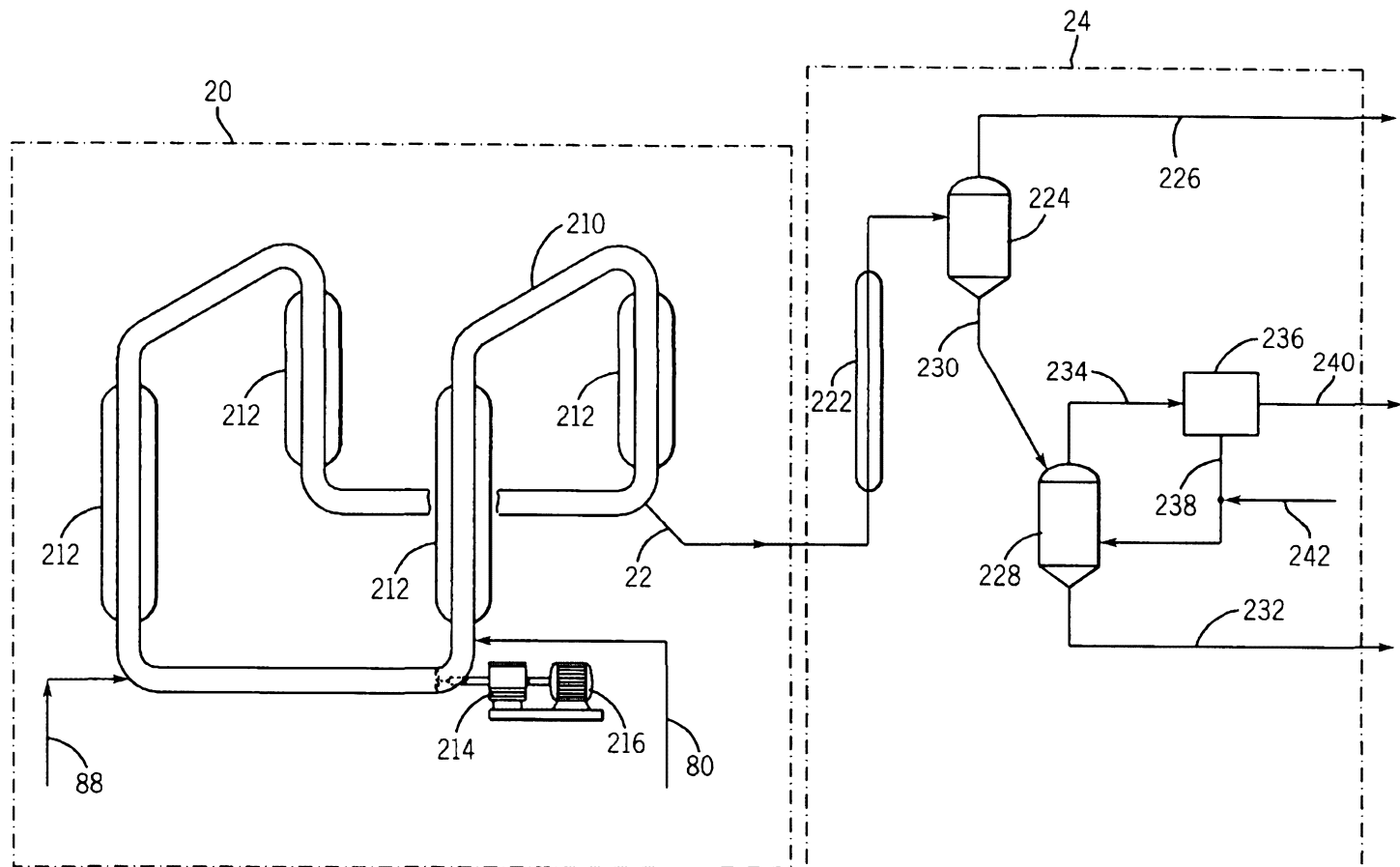
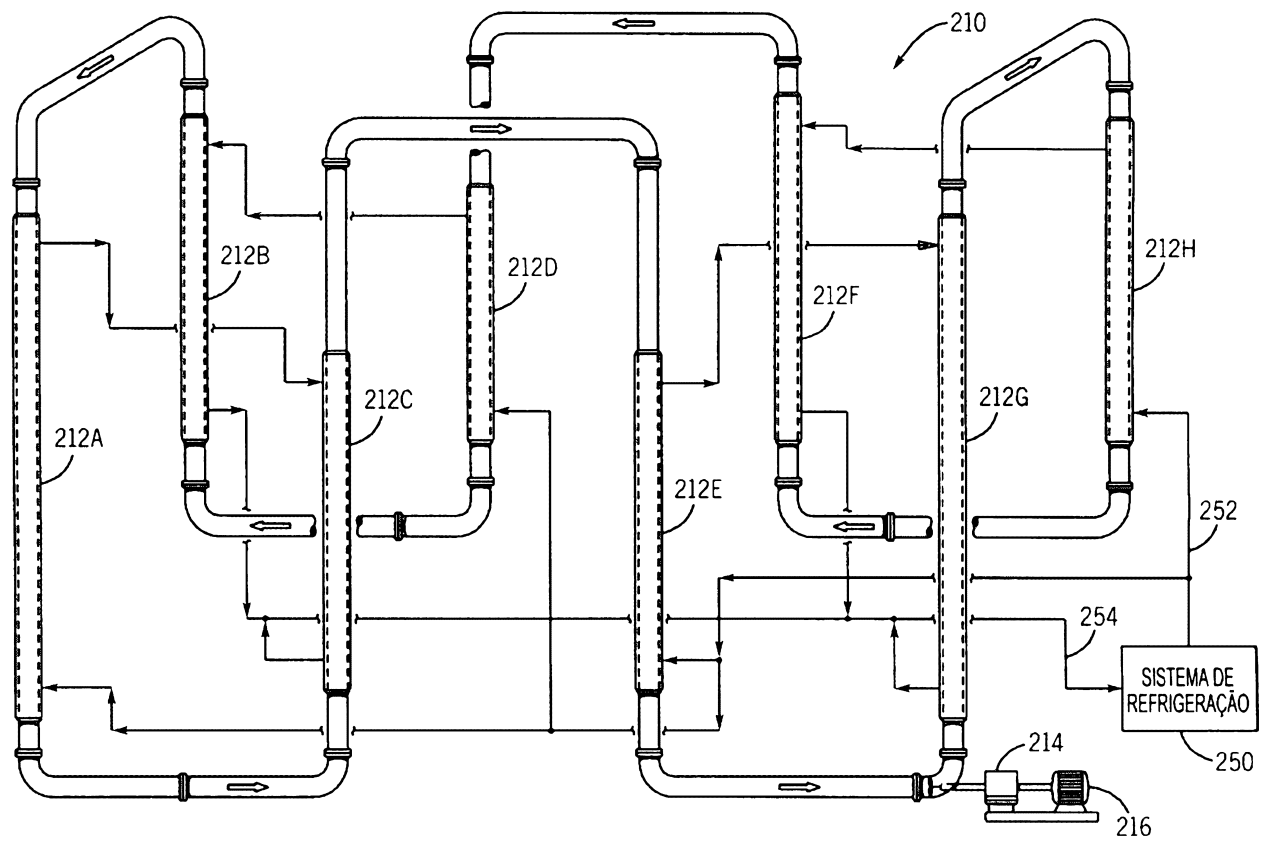


FIGURA 6



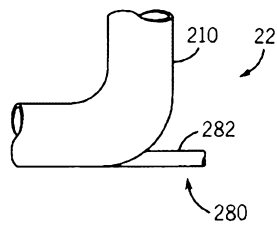
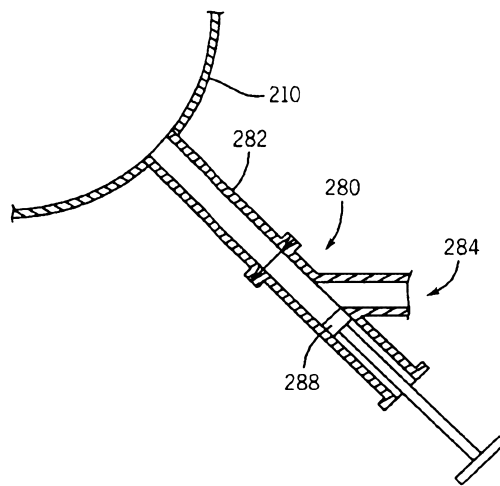
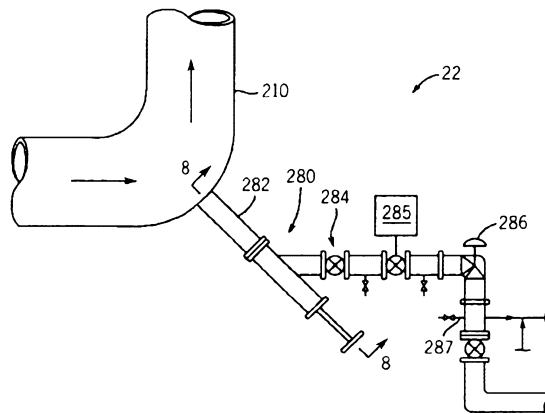


FIGURA 10

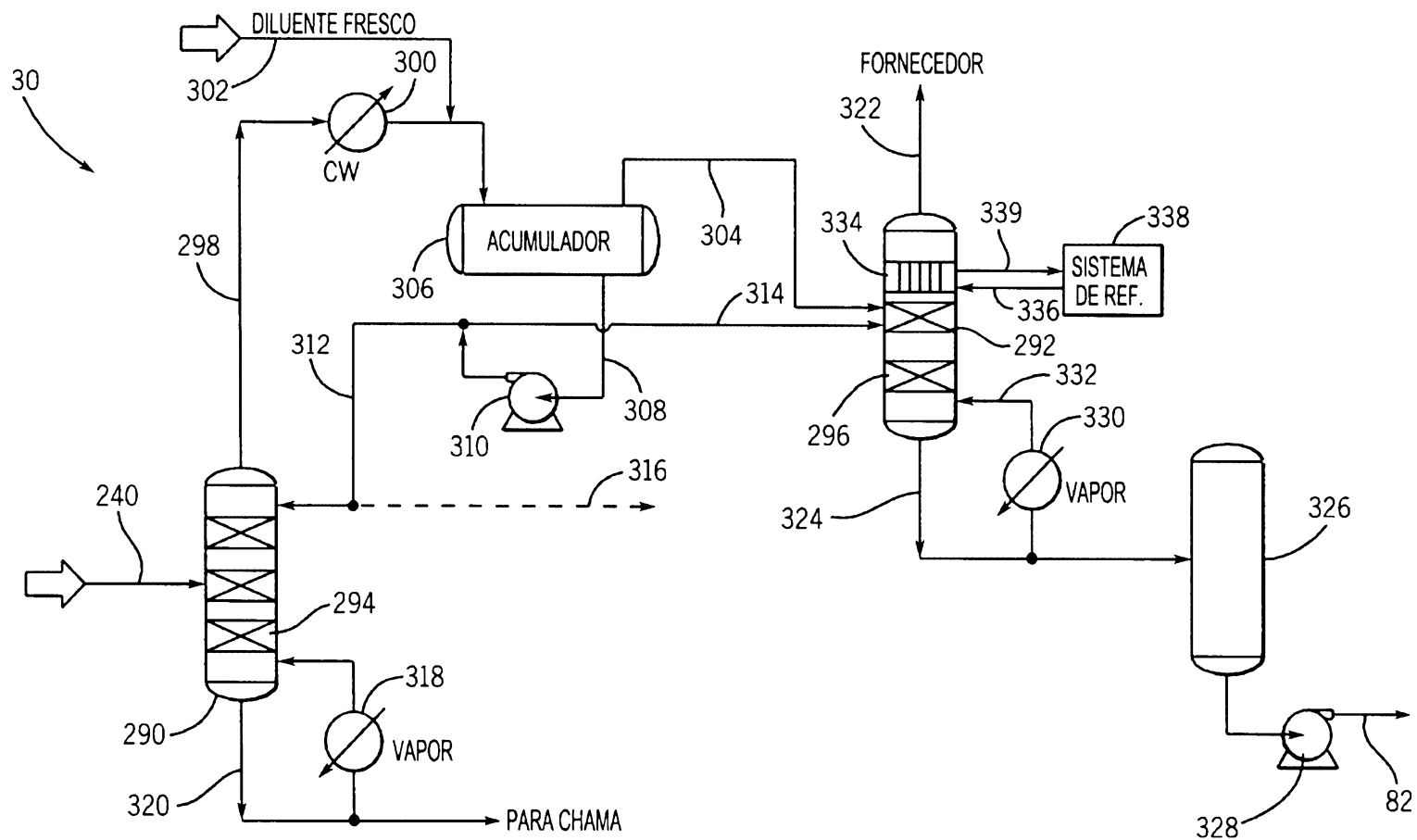


FIGURA 11

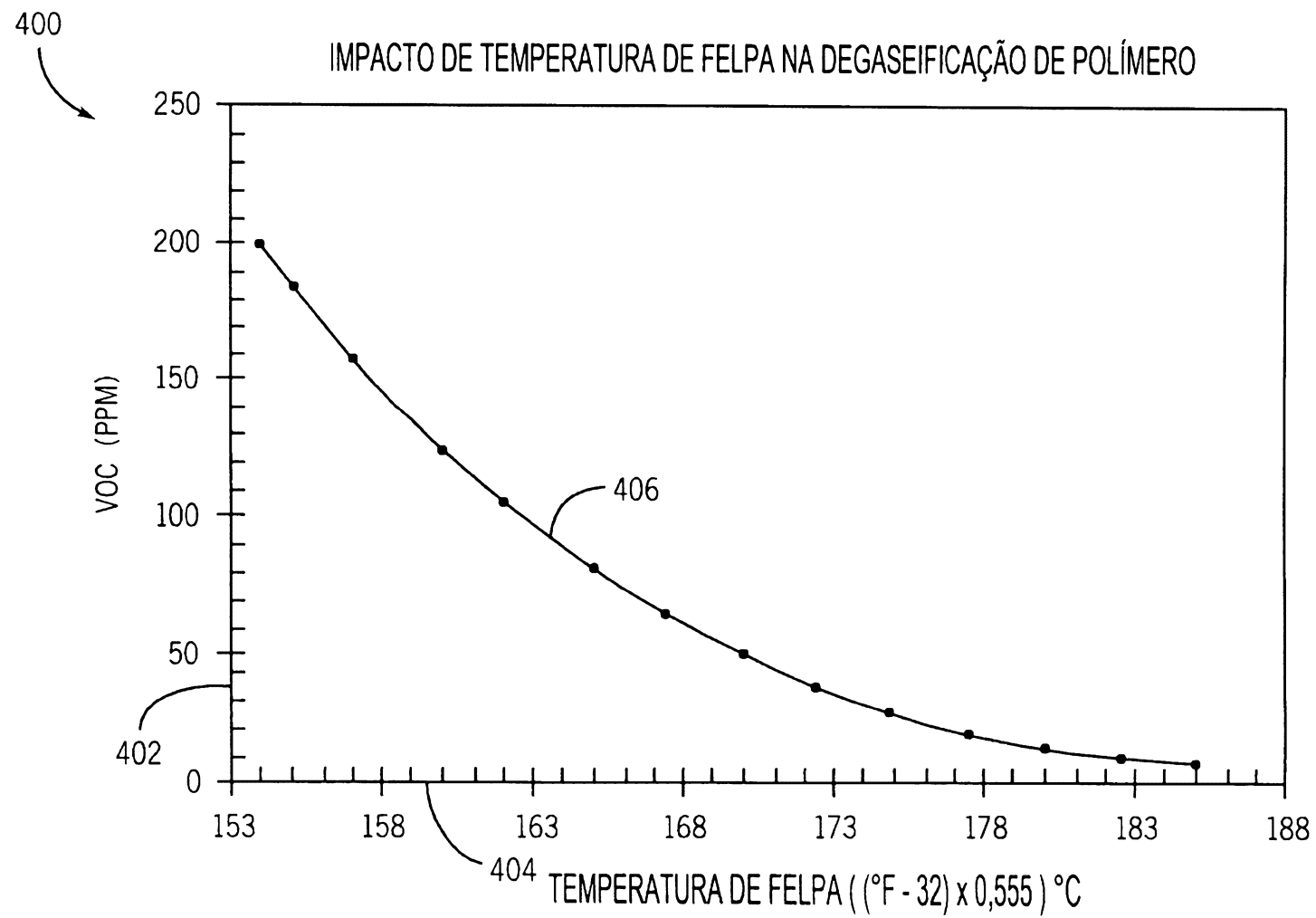


FIGURA 12

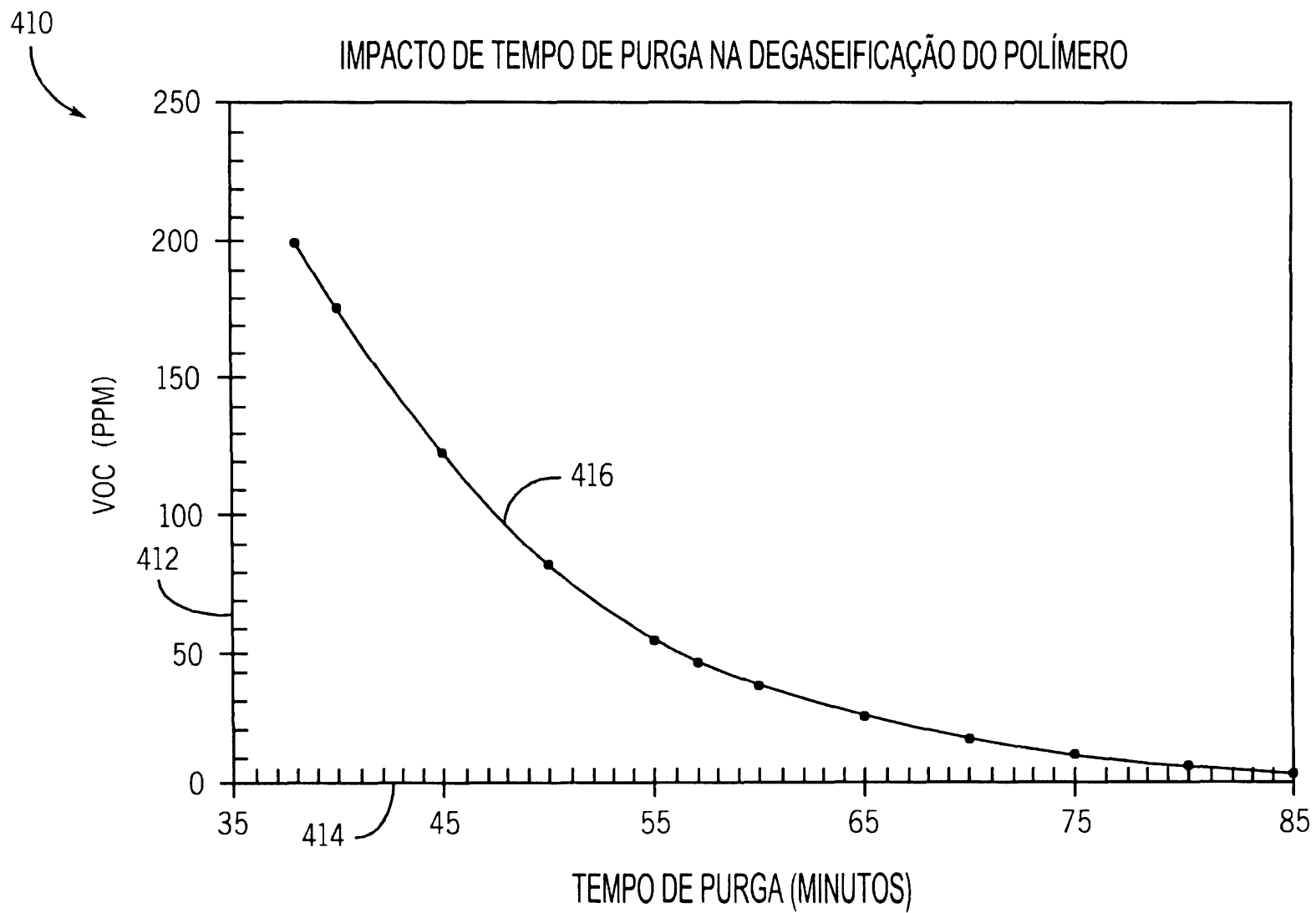


FIGURA 13

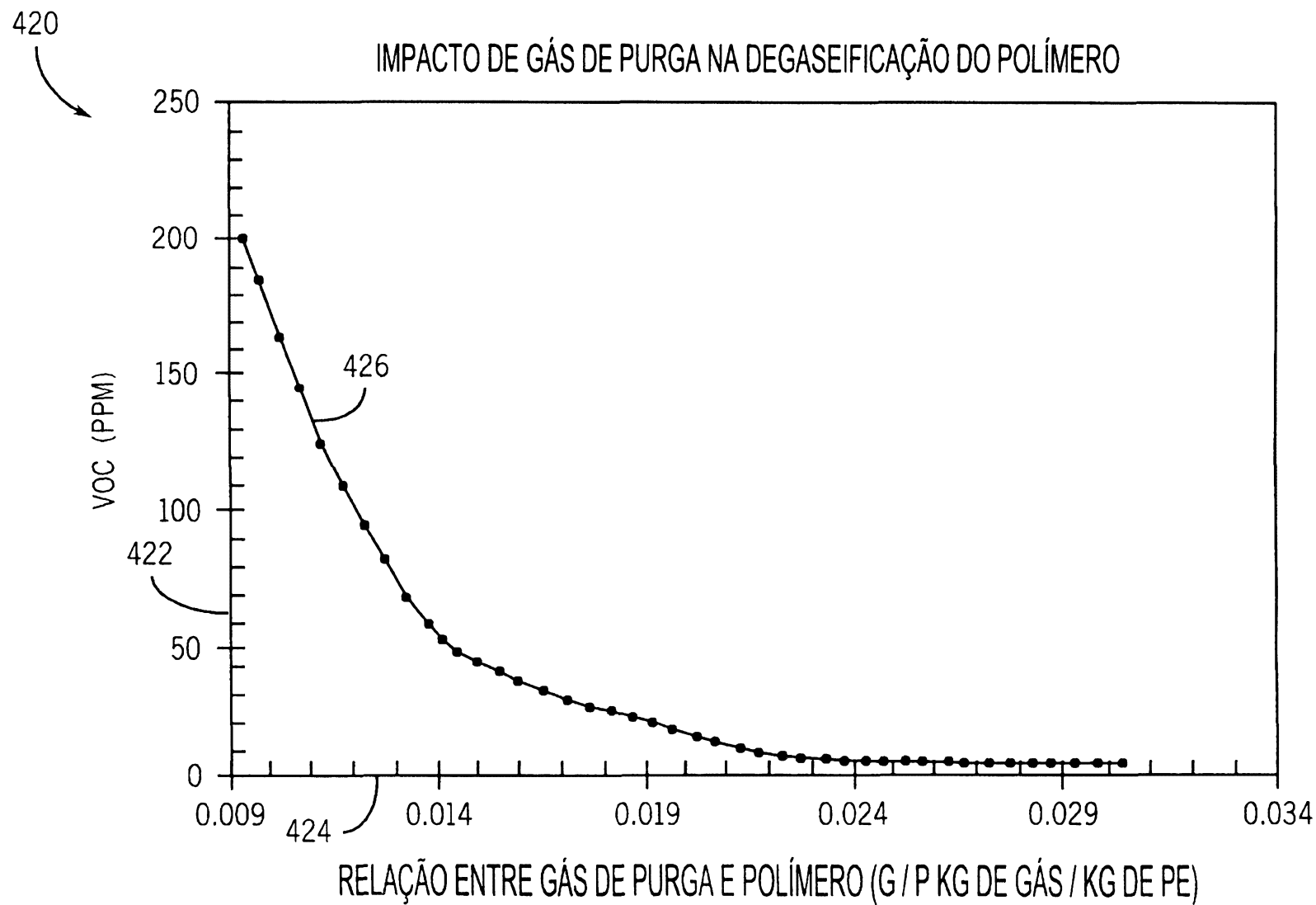


FIGURA 14

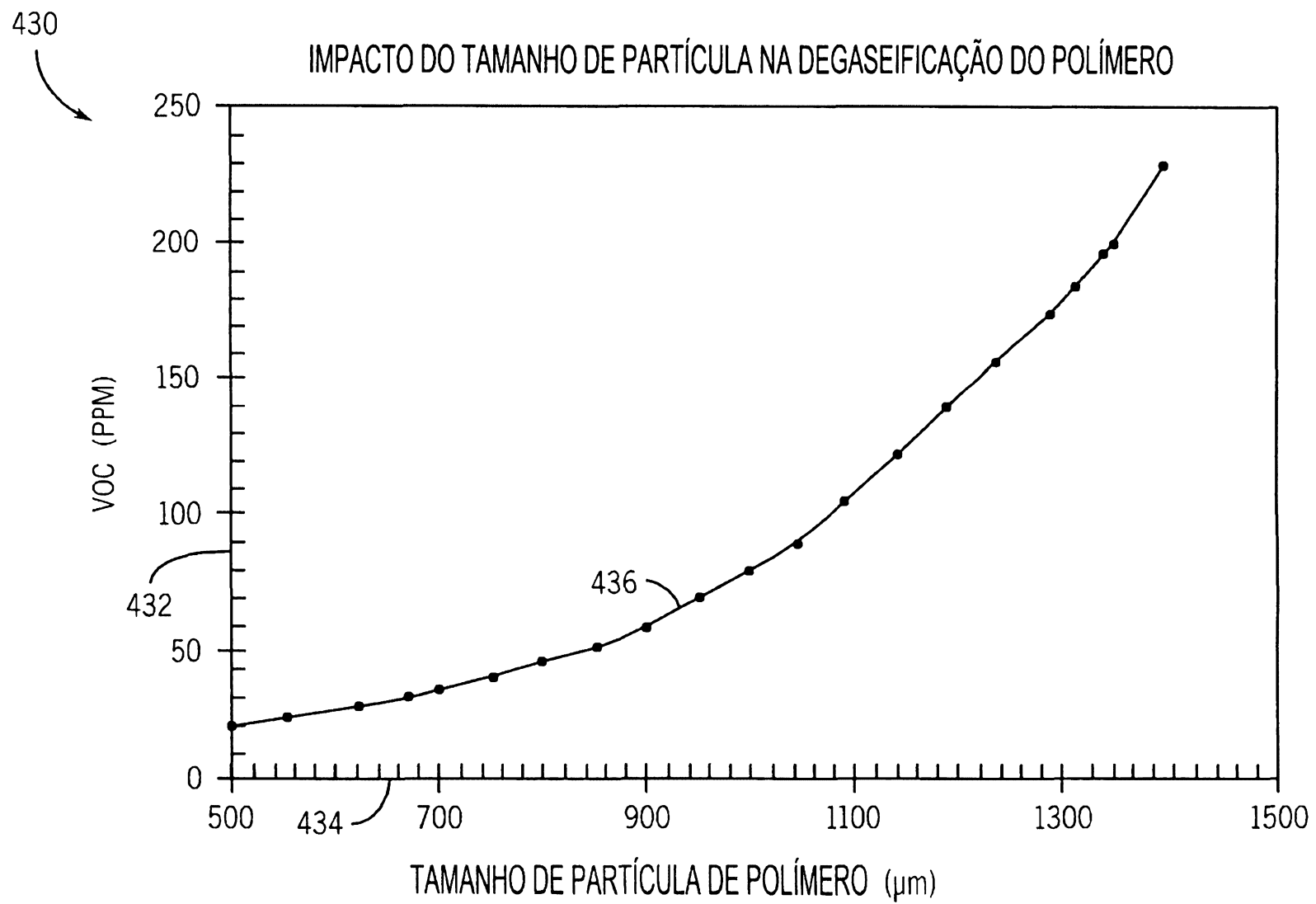


FIGURA 15

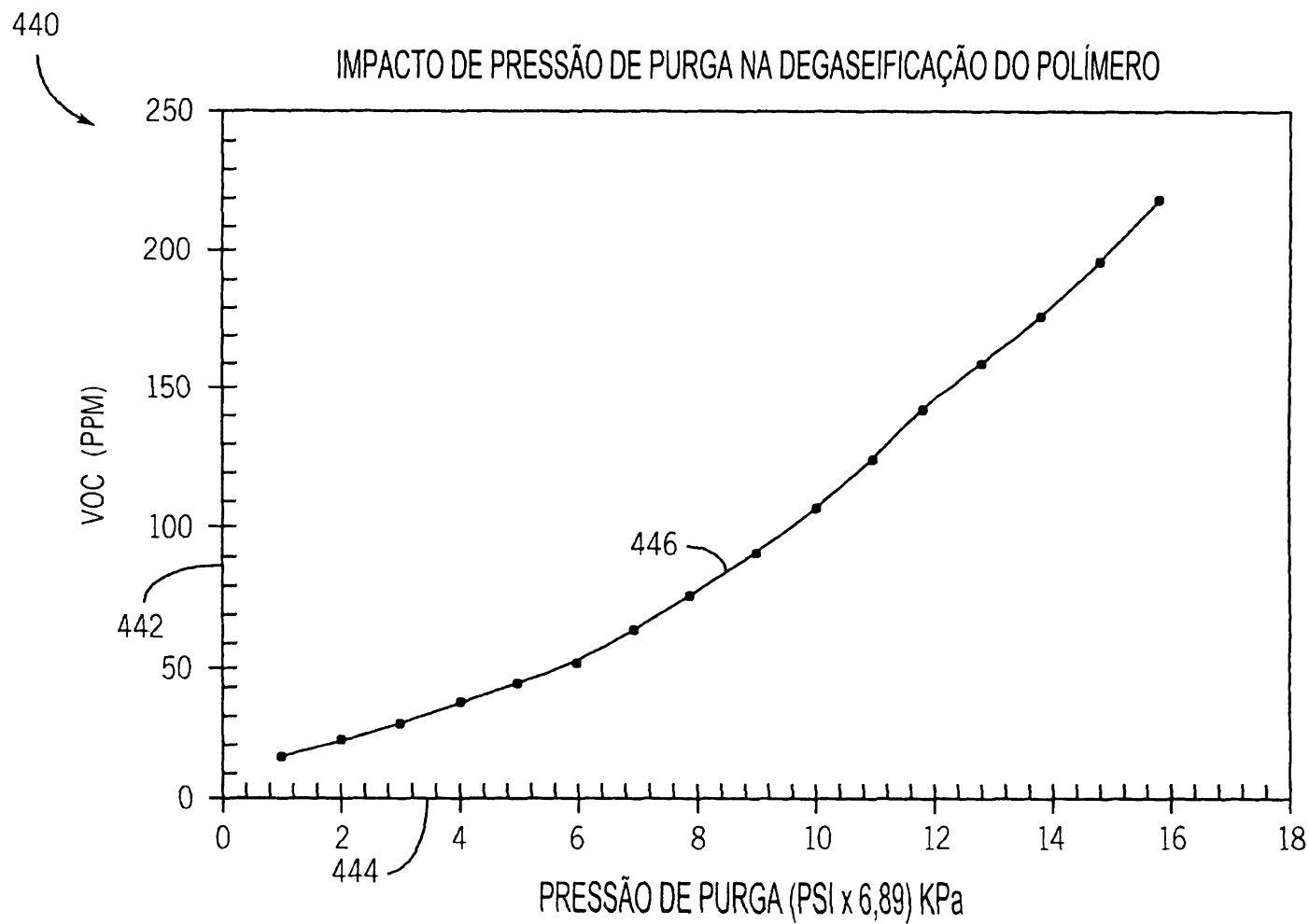
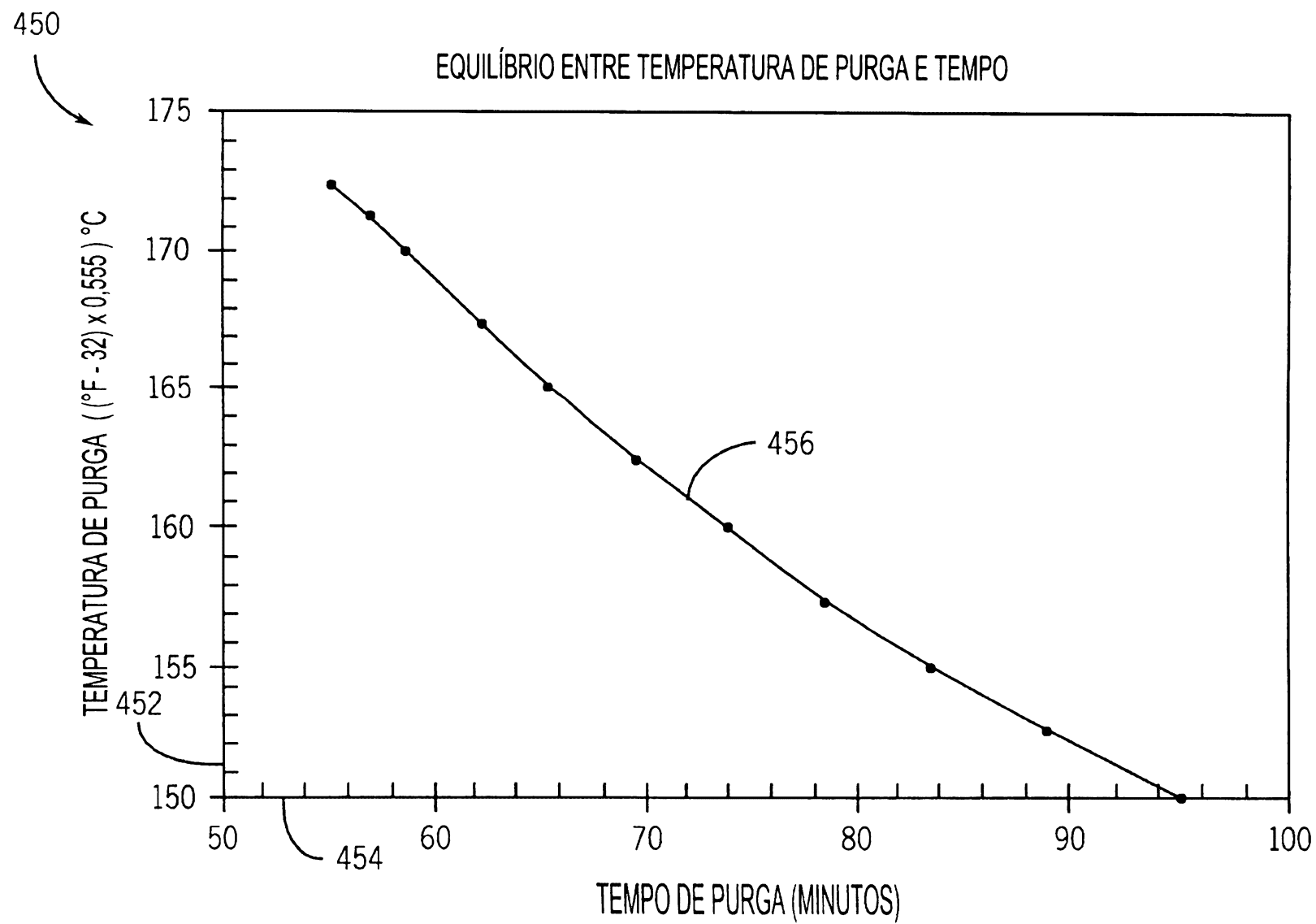


FIGURA 16



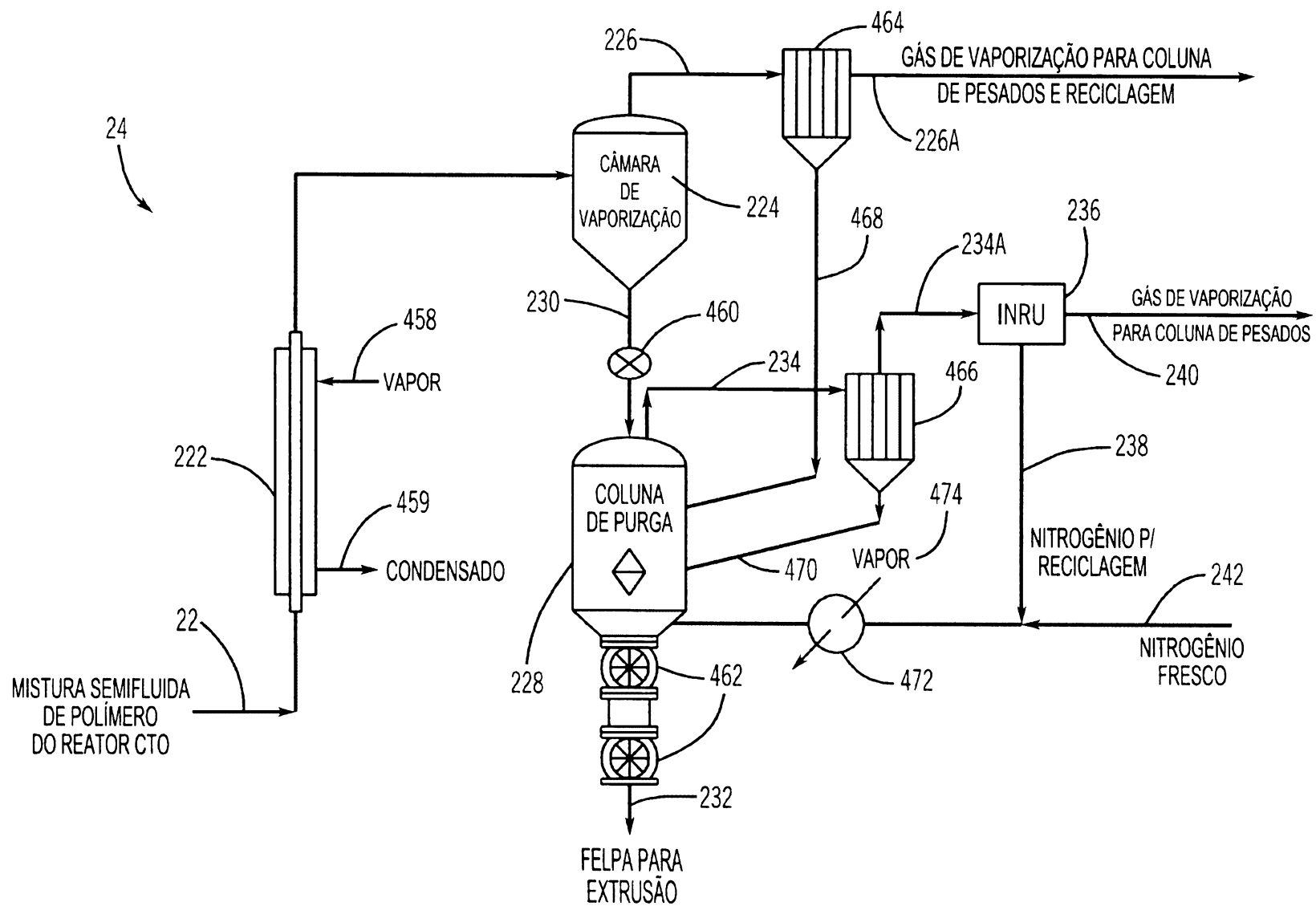


FIGURA 17

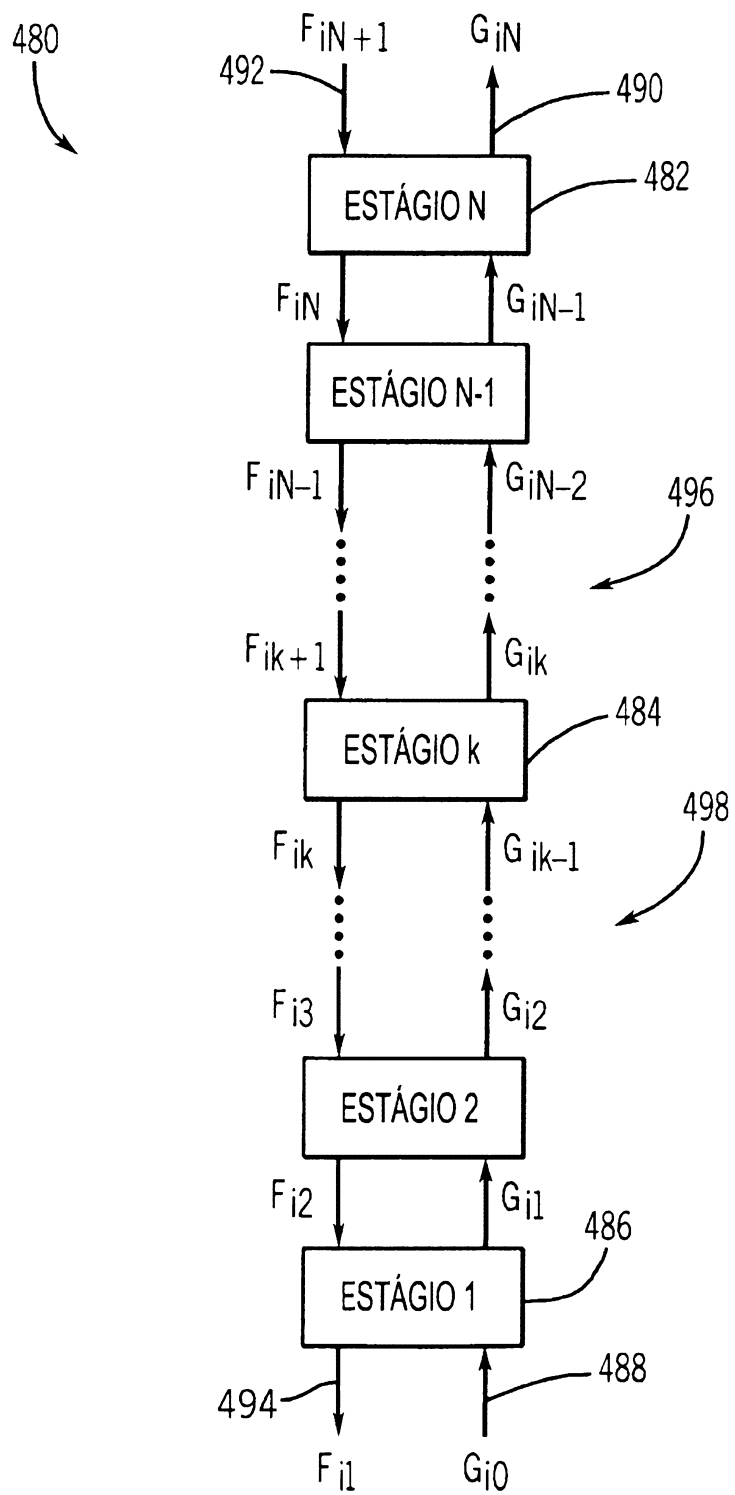


FIGURA 18

FIGURA 19

