



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

(11) PI 1105257-0 B1



* B R P I 1 1 0 5 2 5 7 B 1 *

(22) Data do Depósito: 17/03/2011

(45) Data de Concessão: 26/01/2021

(54) Título: PROCESSO E APARELHO PARA A SEPARAÇÃO DE UMA CORRENTE GASOSA CONTENDO METANO, COMPONENTES C2, COMPONENTES C3, E COMPONENTES DE HIDROCARBONETOS MAIS PESADOS EM UMA FRAÇÃO GASOSA DE RESÍDUO VOLÁTIL E UMA FRAÇÃO RELATIVAMENTE MENOS VOLÁTIL QUE CONTÉM UMA GRANDE PARTE DOS COMPONENTES C2, COMPONENTES C3, E COMPONENTES DE HIDROCARBONETOS MAIS PESADOS OU OS COMPONENTES C3 E COMPONENTES DE HIDROCARBONETOS MAIS PESADOS

(51) Int.Cl.: F25J 3/02.

(30) Prioridade Unionista: 03/05/2010 US 12/772,472; 03/05/2010 US PCT/US2010/033374; 15/03/2011 US 13/048,315; 17/05/2010 US 12/781,259; 17/05/2010 US PCT/US2010/035121; (...).

(73) Titular(es): S.M.E. PRODUCTS LP; ORTLOFF ENGINEERS, LTD..

(72) Inventor(es): ANDREW F. JOHNKE; LARRY W. LEWIS; DON L. TYLER; JOHN D. WILKINSON; JOE T. LYNCH; HANK M. HUDSON; KYLE T. CUELLAR.

(86) Pedido PCT: PCT US2011028872 de 17/03/2011

(87) Publicação PCT: WO 2011/123253 de 06/10/2011

(85) Data do Início da Fase Nacional: 09/12/2011

(57) Resumo: PROCESSAMENTO DE GÁS DE HIDROCARBONETOS. A invenção refere-se a um processo e um aparelho para um conjunto de processamento compacto para recuperar componentes C2 (ou componentes C3) e componentes da hidrocarbonetos mais pesados de uma corrente gasosa de hidrocarbonetos. A corrente gasosa é resfriada e dividida em primeira e segunda corrente. A primeira corrente é adicionalmente resfriada para condensá-la consideravelmente por completo, expandida para diminuir a pressão e fornecida como alimentação superior para um meio absorvente. A segunda corrente também é expandida para diminuir a pressão e alimentada à parte inferior do meio absorvente. Uma corrente de vapor de destilação do meio absorvente é aquecida por resfriamento da corrente gasosa e da primeira corrente. Uma corrente de líquido de destilação do meio absorvente é alimentada a um meio de transferência de massa e calor para aquecê-la e resfriar seus componentes voláteis durante o resfriamento da corrente gasosa. O meio absorvente e o meio de transferência de massa e calor estão alojados no conjunto de processamento.

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para "**PROCESSO E APARELHO PARA A SEPARAÇÃO DE UMA CORRENTE GASOSA CONTENDO METANO, COMPONENTES C₂, COMPONENTES C₃, E COMPONENTES DE HIDROCARBONETOS MAIS PESADOS EM UMA FRAÇÃO GASOSA DE RESÍDUO VOLÁTIL E UMA FRAÇÃO RELATIVAMENTE MENOS VOLÁTIL QUE CONTÉM UMA GRANDE PARTE DOS COMPONENTES C₂, COMPONENTES C₃, E COMPONENTES DE HIDROCARBONETOS MAIS PESADOS OU OS COMPONENTES C₃ E COMPONENTES DE HIDROCARBONETOS MAIS PESADOS**".

FUNDAMENTOS DA INVENÇÃO

[001] Etileno, etano, propano propileno e/ou hidrocarbonetos mais pesados podem ser recuperados a partir de uma variedade de gases, como gás natural, gás de refinaria e correntes de gás sintético obtido a partir de materiais de outros hidrocarbonetos, tais como carvão, petróleo bruto, nafta, óleo de xisto, areias betuminosas e linhita. O gás natural normalmente tem uma proporção maior de metano e etano, isto é, metano e etano juntos compõem pelo menos 50 porcento em mol do gás. O gás também contém quantidades relativamente menores de hidrocarbonetos mais pesados, como propano, butanos, pentanos e similares, bem como hidrogênio, nitrogênio, dióxido de carbono e outros gases.

[002] A presente invenção é geralmente relacionada à recuperação de etileno, etano, propileno, propano e hidrocarbonetos mais pesados a partir de correntes de gás. Uma análise típica de uma corrente de gás para ser processado de acordo com esta invenção seria, em mol por cento aproximadamente, 90,0% de metano, 4,0% de etano e outros componentes C₂, 1,7% de propano e outros componentes C₃, 0,3% de isobutano, 0,5% de butano normal e 0,8% de pentanos, com o balanço feito de nitrogênio e dióxido de carbono. Gases contendo

enxofre também estão presentes às vezes.

[003] As flutuações cíclicas historicamente nos preços de gás natural e seus recursos naturais de gás liquefeito (NGL) constituintes por vezes reduziram o valor incremental de etano, etileno, propano, propileno e componentes mais pesados, como produtos líquidos. Isso resultou em uma demanda por processos que podem fornecer uma recuperação mais eficiente destes produtos e por processos que podem fornecer recuperações eficientes, com menor investimento de capital. Processos disponíveis para separar esses materiais incluem aqueles baseados em refrigeração e resfriamento de gás, absorção de óleo e absorção de óleo refrigerado. Além disso, os processos criogênicos tornaram-se populares devido à disponibilidade de equipamentos econômicos que produzem energia ao mesmo tempo em que expandem e extraem calor do gás sendo processado. Dependendo da pressão da fonte de gás, da riqueza (etano, etileno e teor de hidrocarbonetos mais pesados) do gás e dos produtos finais desejados, cada um destes processos, ou uma combinação dos mesmos, pode ser empregado.

[004] O processo de expansão criogênica é agora geralmente preferido para recuperação de líquidos de gás naturais, pois fornece a máxima simplicidade e facilidade de inicialização, flexibilidade operacional, boa eficiência, segurança e boa confiabilidade. Patentes nºs U.S. 3.292.380; 4.061.481; 4.140.504; 4.157.904; 4.171.964; 4.185.978; 4.251.249; 4.278.457; 4.519.824; 4.617.039; 4.687.499; 4.689.063; 4.690.702; 4.854.955; 4.869.740; 4.889.545; 5.275.005; 5.555.748; 5.566.554; 5.568.737; 5.771.712; 5.799.507; 5.881.569; 5.890.378; 5.983.664; 6.182.469; 6.578.379; 6.712.880; 6.915.662; 7.191.617; 7.219.513; remissão da Patente nº U.S. 33.408; e pedidos copendentes nºs 11/430.412; 11/839.693; 11/971.491; 12/206.230; 12/689.616; 12/717.394; 12/750.862; 12/772.472; 12/781.259; 12/868.993;

12/869.007; 12/869.139; e 12/979.563 descrevem processos relevantes (embora a descrição da presente invenção, em alguns casos, seja baseada em condições de processamento diferentes daquelas descritas nas Patentes U.S. citadas).

[005] Em um processo de recuperação de expansão criogênica típico, uma corrente de gás de alimentação sob pressão é resfriada por troca de calor com outras correntes do processo e/ou fontes externas de refrigeração, tais como um sistema de refrigeração de compressão de propano. À medida que o gás é resfriado, os líquidos podem ser condensados e coletados em um ou mais separadores como líquidos de alta pressão contendo alguns dos componentes C2+ desejados. Dependendo da riqueza do gás e da quantidade de líquidos formados, os líquidos de alta pressão podem ser expandidos para uma pressão mais baixa e fracionada. A vaporização que ocorre durante a expansão dos líquidos resulta na refrigeração adicional da corrente. Sob certas condições, a pré-refrigeração dos líquidos de alta pressão antes da expansão pode ser desejável, a fim de reduzir ainda mais a temperatura resultante da expansão. A corrente expandida, que compreende uma mistura de líquido e vapor, é fracionada em uma coluna de destilação (desmetanizador ou desetanizador). Na coluna, a(s) corrente(s) de expansão resfriada(s) é (são) destiladas para separar metano residual, nitrogênio e outros gases voláteis como vapor no alto a partir dos componentes C2 desejados, componentes C3 e componentes de hidrocarbonetos mais pesados, como produto do líquido inferior, ou em metano residual separado, componentes C2, nitrogênio e outros gases voláteis como vapor no alto a partir dos componentes C3 desejados e componentes de hidrocarbonetos mais pesados, como produto do líquido inferior.

[006] Se o gás de alimentação não for totalmente condensado (normalmente não é), o vapor remanescente a partir da condensação

parcial pode ser dividido em duas correntes. Uma parte do vapor é passada através de uma máquina de expansão ou motor de trabalho, ou uma válvula de expansão, para uma menor pressão em que os líquidos adicionais são condensados como resultado do resfriamento adicional da corrente. A pressão após a expansão é essencialmente a mesma que a pressão na qual a coluna de destilação é operada. As fases de líquido de vapor combinadas resultantes da expansão são fornecidas como alimentação para a coluna.

[007] A parte restante do vapor é resfriada para a condensação considerável por troca de calor com outras correntes de processo, por exemplo, torre de fracionamento fria no alto. Alguns ou todos os líquidos de alta pressão podem ser combinados com esta parte de vapor antes do resfriamento. A corrente de refrigeração resultante é então expandida através de um dispositivo de expansão apropriado, como uma válvula de expansão, para a pressão na qual o desmetanizador é operado. Durante a expansão, uma parte do líquido irá evaporar, resultando no resfriamento da corrente total. A corrente expandida é então fornecida como alimentação superior para o desmetanizador. Tipicamente, a parte do vapor da corrente expandida e o vapor do desmetanizador no alto se combinam em uma seção superior do separador na torre de fracionamento como o gás produto do metano residual. Alternativamente, a corrente refrigerada e expandida pode ser fornecida a um separador para fornecer correntes de vapor e líquido. O vapor é combinado com a torre no alto e o líquido é fornecido para a coluna como uma alimentação de coluna superior.

[008] A presente invenção utiliza um novo meio de executar as várias etapas acima descritas de forma mais eficiente e usando menos peças de equipamento. Isto é conseguido através da combinação do que até então têm sido itens de equipamentos individuais em um alojamento comum, reduzindo assim o espaço de terreno necessário para

a planta de processamento e reduzindo o custo de capital das instalações. Surpreendentemente, os depositantes descobriram que o arranjo mais compacto também reduz significativamente o consumo de energia necessária para atingir um dado nível de recuperação, aumentando assim a eficiência do processo e reduzindo o custo operacional da instalação. Além disso, o arranjo mais compacto também elimina boa parte da tubulação usada para interconectar os itens de equipamentos individuais em projetos de plantas tradicionais, reduzindo ainda mais o custo de capital e também eliminando as conexões de tubulação flangeada associadas. Como flanges de tubulação são uma fonte potencial de vazamento de hidrocarbonetos (que são compostos orgânicos voláteis, COVs, que contribuem para gases de efeito estufa e também podem ser precursores de formação de ozônio na atmosfera), eliminar esses flanges reduz o potencial de emissões atmosféricas que podem prejudicar o meio ambiente.

[009] De acordo com a presente invenção, verificou-se que recuperações de C2 superiores a 88% podem ser obtidas. Da mesma forma, nos casos em que a recuperação de componentes C2 não é desejada, recuperações de C3 superiores a 93% podem ser mantidas. Além disso, a presente invenção torna essencialmente 100% possível a separação de metano (ou componentes de C2) e componentes mais leves a partir dos componentes C2 (ou componentes C3) e componentes mais pesados em requisitos de energia mais baixos em comparação com o estado da técnica, mantendo o mesmo nível de recuperação. A presente invenção, embora aplicável em baixas pressões e temperaturas mais altas, é particularmente vantajosa quando o processamento de gases de alimentação na faixa de 400-1500 psia [2.758 a 10.342 kPa(a)] ou superior em condições que exigem temperaturas no alto na coluna de recuperação de NGL de 50°F [46°C] ou mais frias.

[010] Para uma melhor compreensão da presente invenção, é feita referência aos exemplos e desenhos a seguir. Referindo-se aos desenhos:

[011] A figura 1 é um diagrama de fluxo de uma planta de processamento de gás natural do estado da técnica de acordo com a Patente N° U.S. 4.157.904;

[012] A figura 2 é um diagrama de fluxo de uma planta de processamento de gás natural de acordo com a presente invenção; e

[013] As figuras 3 a 17 são diagramas de fluxo que ilustram os meios alternativos de aplicação da presente invenção para uma corrente de gás natural.

[014] Na seguinte explicação das figuras acima, são fornecidas tabelas resumindo as taxas de vazão calculadas para as condições do processo representativo. Nas tabelas que aparecem aqui, os valores para as taxas de vazão (em mols por hora) foram arredondados para o número inteiro mais próximo por conveniência. As taxas de vazão total mostradas nas tabelas incluem todos os componentes de hidrocarbonetos e, portanto, não são geralmente maiores do que a soma das taxas de vazão para os componentes de hidrocarboneto. As temperaturas indicadas são valores aproximados arredondados para o grau mais próximo. Também deve ser notado que os cálculos do processo de design executados com o objetivo de comparar os processos descritos nas figuras são baseados no pressuposto de nenhum vazamento de calor a partir de (ou para) o ambiente (ou de) o processo. A qualidade dos materiais de isolamento disponíveis no mercado torna esta uma suposição bastante razoável e que normalmente é feita por aqueles versados na técnica.

[015] Por conveniência, os parâmetros do processo são relatados em ambas as unidades tradicionais britânicas e nas unidades do Système International d'Unités (SI). As vazões molares dadas nas ta-

belas podem ser interpretadas como mols-libra por hora, ou mols-kg por hora. Os consumos de energia relatados como cavalos de potência (HP) e/ou milhares de unidades térmicas britânicas por hora (MBTU/Hr) correspondem às vazões molares indicadas em mols-libras por hora. Os consumos de energia relatados como quilowatts (kW) correspondem às vazões molar indicadas em mols-kg por hora.

DESCRIÇÃO DO ESTADO DA TÉCNICA

[016] A figura 1 é um diagrama de fluxo de processo que mostra o desenho de uma planta de processamento para recuperar componentes C₂₊ de gás natural usando o estado da técnica de acordo com a Pat. N° U.S. 4.157.904. Nesta simulação do processo, o gás de admissão entra na planta a 101°F [39°C] e 915 psia [6.307 kPa(a)] como corrente 31. Se o gás de admissão contém uma concentração de compostos de enxofre, que impediria as correntes do produto de satisfazer as especificações, os compostos de enxofre são removidos por pré-tratamento adequado do gás de alimentação (não ilustrado). Além disso, a corrente de alimentação é geralmente desidratada para evitar a formação de hidratos (gelo) em condições criogênicas. Dessecante sólido tem sido tipicamente usado para esta finalidade.

[017] A corrente de alimentação 31 é dividida em duas partes, correntes 32 e 33. A corrente 32 é resfriada a 31°F [35°C] no trocador de calor 10 por troca de calor com o gás residual resfriado (corrente 41a), enquanto a corrente 33 é resfriada a 37°F [38°C] no trocador de calor 11 por troca de calor com líquidos do permutador de reaquecimento desmetanizador a 43°F [6°C] (corrente 43) e líquidos do permutador de reaquecimento lateral a -47°F [-44°C] (corrente 42). As correntes 32a e 33a se recombina para formar a corrente 31a, que entra no separador 12 a 33°F [36°C] e 893 psia [6.155 kPa(a)], onde o vapor (corrente 34) é separado do líquido condensado (corrente 35).

[018] O vapor (corrente 34) do separador 12 é dividido em duas

correntes, 36 e 39. A corrente 36, contendo cerca de 32% do vapor total, é combinada com o líquido do separador (corrente 35), e a corrente combinada 38 passa pelo trocador de calor 13 em relação de troca de calor com o gás residual frio (corrente 41), onde é resfriado à condensação considerável. A corrente resultante consideravelmente condensada 38a a 131°F [90°C] é então expandida em flash através da válvula de expansão 14 à pressão de funcionamento (aproximadamente 410 psia [2.827 kPa(a)]) da torre de fracionamento 18. Durante a expansão, uma parte da corrente é vaporizada, resultando no resfriamento da corrente total. No processo ilustrado na figura 1, a corrente expandida 38b que deixa a válvula de expansão 14 atinge uma temperatura de 137°F [94°C] e é fornecida para a seção do separador 18a na região superior da torre de fracionamento 18. Os líquidos separados nela se tornam a alimentação superior para a seção de desmetanização 18b.

[019] Os restantes 68% do vapor de separador 12 (corrente 39) entram em uma máquina de expansão de trabalho 15 em que a energia mecânica é extraída desta parte da alimentação de alta pressão. A máquina 15 expande a vapor consideravelmente isoentropicamente à pressão de operação da torre, com a expansão de trabalho resfriando a corrente expandida 39a a uma temperatura de aproximadamente 97°F [72°C]. Os expansores típicos disponíveis comercialmente são capazes de recuperar na ordem de 80 a 85% do trabalho teoricamente disponível em uma expansão isentrópica ideal. O trabalho recuperado é frequentemente usado para acionar um compressor centrífugo (como o item 16) que pode ser usado para recomprimir o gás residual (corrente 41b), por exemplo. A corrente expandida parcialmente condensada 39a é posteriormente fornecida como alimentação para a torre de fracionamento 18 em um ponto médio da coluna de alimentação.

[020] O desmetanizador na torre 18 é uma coluna de destilação

convencional contendo uma pluralidade de bandejas verticalmente espaçadas, um ou mais leitos de enchimento, ou alguma combinação de bandejas e embalagens. Como é geralmente o caso nas plantas de processamento de gás natural, a torre de fracionamento pode ser constituída por duas seções. A seção superior 18a é um separador onde a alimentação parcialmente vaporizada superior é dividida em suas respectivas partes líquida e de vapor, e em que o vapor que sobe da seção inferior de destilação ou desmetanização 18b é combinado com a parte do vapor da alimentação superior para formar o vapor no alto de desmetanizador frio (corrente 41) que sai do topo da torre a -136°F [-93°C]. A seção de desmetanização inferior 18b contém as bandejas e/ou embalagem e fornece o contato necessário entre os líquidos que caem e os vapores que sobem. A seção de desmetanização 18b também inclui permutadores de reaquecimento (como o permutador de reaquecimento e o permutador de reaquecimento lateral descritos anteriormente) que aquecem e vaporizam uma parte dos líquidos que fluem para baixo na coluna para fornecer os vapores que fluem para cima na coluna para tirar o produto líquido, corrente 44, de metano e componentes mais leves.

[021] A corrente de produto líquido 44 sai na parte inferior da torre a 65°F [19°C], com base em uma especificação típica de uma razão de metano sobre etano de 0,010:1 em uma base de massa no produto final. O gás residual (corrente de vapor no alto do desmetanizador 41) passa contra a corrente do gás de alimentação que entra no trocador de calor 13, onde é aquecido a 44°F [42°C] (corrente 41a) e no trocador de calor 10, onde é aquecido a 96°F [36°C] (corrente 41b). O gás residual é então recomprimido em duas etapas. A primeira etapa é o compressor 16 impulsado pela máquina de expansão 15. A segunda etapa é o compressor 20 impulsado por uma fonte de energia complementar que comprime o gás residual (corrente 41d) para a

pressão da linha. Após o resfriamento a 120°F [49°C] no refrigerador de descarga 21, o produto de gás residual (corrente 41e) flui para o gasoduto a 915 psia [6.307 kPa(a)], o suficiente para atender às exigências de linha (geralmente na ordem da pressão de entrada).

[022] Um resumo das vazões e do consumo de energia para o processo ilustrado na figura 1 consta na tabela a seguir:

Tabela I

(FIG. 1)

Resumo Vazão - Lb. Mols/Hr [kg mols/Hr]					
<u>Corren-</u> <u>te</u>	<u>Metano</u>	<u>Etano</u>	<u>Propano</u>	<u>Butanos+</u>	<u>Total</u>
31	12,359	546	233	229	13,726
32	8,404	371	159	155	9,334
33	3,955	175	74	74	4,392
34	12,117	493	172	70	13,196
35	242	53	61	159	530
36	3,829	156	54	22	4,170
38	4,071	209	115	181	4,700
39	8,288	337	118	48	9,026
41	12,350	62	5	1	12,620
44	9	484	228	228	1,106

Recuperações*

Etano 88,54%

Propano 97,70%

Butanos+ 99,65%

Energia

Compressão de Gás Residual 5,174 HP [8,506] kW

* (Com base em vazões arredondadas)

DESCRÍÇÃO DA INVENÇÃO

[023] A figura 2 ilustra um diagrama de fluxo de um processo em conformidade com a presente invenção. A composição do gás de alimentação e as condições consideradas no processo apresentado na figura 2 são as mesmas na figura 1. Assim, o processo da figura 2 pode ser comparado com o da figura 1 para ilustrar as vantagens da presente invenção.

[024] Na simulação do processo da figura 2, o gás de admissão entra na planta como a corrente 31 e é dividido em duas partes, correntes 32 e 33. A primeira parte, corrente 32, entra em um meio de troca de calor na região superior da seção de alimentação de resfriamento 118a no interior do conjunto de processamento 118. Esse meio de troca de calor pode ser composto por um trocador de calor do tipo tubo e rebarba, um trocador de calor do tipo placa, um trocador de calor de alumínio soldado, ou outro tipo de dispositivo de transferência de calor, incluindo trocadores de calor de multi-passagem e/ou multiserviço. O meio de troca de calor é configurado para fornecer troca de calor entre a corrente 32 que flui através de uma passagem do meio de troca de calor e uma corrente de vapor de destilação decorrente da seção do separador 118b dentro do conjunto de processamento 118 que foi aquecido em um meio de troca de calor na região inferior da seção de resfriamento de alimentação 118a. A corrente 32 é resfriada enquanto aquece ainda mais a corrente de vapor de destilação, com a corrente 32a deixando o meio de troca de calor a -26°F [-32°C].

[025] A segunda parte, corrente 33, entra em um meio de transferência de calor e massa na seção de desmetanização 118d dentro do conjunto de processamento 118. Este meio de transferência de calor e massa também pode ser composto por um trocador de calor do tipo tubo e rebarba, um trocador de calor do tipo placa, um trocador de calor de alumínio soldado, ou outro tipo de dispositivo de transferência

de calor, incluindo trocadores de calor de multipassagem e/ou multiserviço. O meio de transferência de calor e massa é configurado para fornecer troca de calor entre a corrente 33 que flui através de uma passagem do meio de transferência de calor e massa e uma corrente do líquido de destilação que flui para baixo a partir da seção de absorção 118c dentro do conjunto de processamento 118, de modo que a corrente 33 é resfriada enquanto aquece a corrente do líquido de destilação, refrigerando a corrente 33a a 38°F [39°C] antes de sair do meio de transferência de calor e massa. Conforme a corrente do líquido de destilação é aquecida, uma parte dela é vaporizada para formar vapores que sobem à medida que o líquido restante continua fluindo para baixo através do meio de transferência de calor e massa. O meio de transferência de calor e massa fornece um contato permanente entre os vapores e a corrente do líquido de destilação, de modo que também funciona para fornecer transferência de massa entre o vapor e as fases líquidas, tirando a corrente do produto líquido 44 de metano e componentes mais leves.

[026] As correntes 32a e 33a se recombina para formar a corrente 31a, que entra na seção do separador 118e dentro do conjunto de processamento 118 a 30°F [34°C] e 898 psia e [6.189 kPa(a)], quando então o vapor (corrente 34) é separado do líquido condensado (corrente 35). A seção do separador 118e tem um cabeçote interno ou outro meio para dividi-la da seção de desmetanização 118d, de modo que as duas seções dentro do conjunto de processamento 118 podem operar a pressões diferentes.

[027] O vapor (corrente 34) da seção do separador 118e é dividida em duas correntes, 36 e 39. A corrente 36, contendo cerca de 32% do vapor total, é combinada com o líquido separado (corrente 35, através da corrente 37) e a corrente combinada 38 entra em um meio de troca de calor na região inferior da seção de refrigeração de alimenta-

ção 118a dentro do conjunto de processamento 118. Esse meio de troca de calor pode também ser composto por um trocador de calor do tipo tubo e rebarba, um trocador de calor do tipo placa, um trocador de calor de alumínio soldado, ou outro tipo de dispositivo de transferência de calor, incluindo trocadores de calor de multipassagem e/ou multiserviço. O meio de troca de calor é configurado para fornecer a troca de calor entre a corrente 38 que flui através de uma passagem do meio de troca de calor e a corrente de vapor de destilação decorrente da seção do separador 118b, de modo que a corrente 38 é resfriada para a condensação considerável, enquanto aquece a corrente de vapor de destilação.

[028] A corrente consideravelmente condensada resultante 38a a 130°F [90°C] é então expandida em flash através da válvula de expansão 14 à pressão de funcionamento (aproximadamente 415 psia [2.861 kPa(a)]) da seção de absorção 118c (um meio de absorção) no interior do conjunto de processamento 118. Durante a expansão, uma parte da corrente é vaporizada, resultando no resfriamento da corrente total. No processo ilustrado na figura 2, a corrente expandida 38b que deixa a válvula de expansão 14 atinge uma temperatura de -136°F [-94°C] e é fornecida para a seção do separador 118b dentro do conjunto de processamento 118. Os líquidos separados nela são direcionados para a seção de absorção 118c, enquanto os vapores restantes combinam-se com os vapores que sobem da seção de absorção 118c para formar a corrente de vapor de destilação que é aquecida na seção de resfriamento 118a.

[029] Os restantes 68% do vapor da seção do separador 118e (corrente 39) entram em uma máquina de expansão de trabalho 15 em que a energia mecânica é extraído desta parte da alimentação de alta pressão. A máquina 15 expande o vapor consideravelmente isoentropicamente à pressão de operação da seção de absorção 118c, com a

expansão de trabalho refrigerando a corrente expandida 39a a uma temperatura de aproximadamente 94°F [70°C]. A corrente expandida parcialmente condensada 39a é posteriormente fornecida como alimentação para a região inferior da seção de absorção 118c dentro do conjunto de processamento 118.

[030] A seção de absorção 118c contém uma pluralidade de bandejas verticalmente espaçadas, um ou mais leitos de enchimento, ou alguma combinação de bandejas e embalagens. As bandejas e/ou embalagem na seção de absorção 118c fornecem o contato necessário entre os vapores que sobem e o líquido frio que desce. A parte líquida da corrente expandida 39a se mistura com líquidos que descem da seção de absorção 118c seção e o líquido combinado continua a descer na seção de desmetanização 118d. Os vapores decorrentes da seção de desmetanização 118d se combinam com a parte de vapor da corrente expandida 39a e sobem através da seção de absorção 118c, para serem contatados com o líquido frio que desce, para condensar e absorver os componentes C2, componentes C3 e os componentes mais pesados destes vapores.

[031] O líquido de destilação que flui para baixo a partir do meio de transferência de calor e massa na seção de desmetanização 118d dentro do conjunto de processamento 118 foi retirado de metano e componentes mais leves. O produto líquido resultante (corrente 44) sai da região inferior da seção de desmetanização 118d e deixa o conjunto de processamento 118 a 67°F [20°C]. A corrente de vapor de destilação que sobe da seção do separador 118b é aquecida na seção de resfriamento de alimentação 118a, uma vez que fornece resfriamento para as correntes 32 e 38, como descrito anteriormente, e a corrente de gás residual resultante 41 deixa o conjunto de processamento 118 a 96°F [36°C]. O gás residual é então recomprimido em duas etapas, o compressor 16 impulsionado pela máquina de expansão 15 e o com-

pressor 20 impulsionado por uma fonte de energia suplementar. Depois que a corrente 41b é resfriada a 120°F [49°C] no refrigerador de descarga 21, o produto de gás residual (corrente 41c) flui para o gasoduto a 915 psia [6.307 kPa(a)].

[032] Um resumo das vazões e do consumo de energia para o processo ilustrado na figura 2 é apresentado na tabela a seguir:

Tabela II

(FIG. 2)

Resumo Vazão - Lb. Mols/Hr [kg mols/Hr]					
<u>Corren-</u> <u>te</u>	<u>Corrente</u>	<u>Corrente</u>	<u>Corrente</u>	<u>Corrente</u>	<u>Corren-</u> <u>te</u>
31	12,359	546	233	229	13,726
32	8,651	382	163	160	9,608
33	3,708	164	70	69	4,118
34	12,139	498	176	74	13,234
35	220	48	57	155	492

Continuação

36	3,860	158	56	24	4,208
37	220	48	57	155	492
38	4,080	206	113	179	4,700
39	8,279	340	120	50	9,026
41	12,350	62	5	1	12,625
44	9	484	228	228	1,101

Recuperações*

Etano 88.58%

Propano 97.67%

Butanos+ 99.64%

Energia

Compressão de Gás Residual 4,829 HP [7,939kW]

* (Com base em vazões arredondadas)

[033] Uma comparação das Tabelas I e II mostra que a presente invenção sustenta, essencialmente, as mesmas recuperações que o estado da técnica. Contudo, uma comparação adicional das Tabelas I e II mostra que os rendimentos de produto foram obtidos utilizando significativamente menos energia do que o estado da técnica. Em termos de eficiência de recuperação (definida pela quantidade de etano recuperado por unidade de energia), a presente invenção representa uma melhoria de cerca de 7% sobre o estado da técnica do processo da figura 1.

[034] A melhoria na eficiência de recuperação fornecida pela presente invenção em relação ao estado da técnica do processo da figura 1 é principalmente devido a dois fatores. Primeiro, o arranjo compacto do meio de troca de calor na seção de resfriamento de alimentação 118a e do meio de transferência de calor e massa na seção de desmetanização 118d no conjunto de processamento 118 elimina a queda de pressão imposta pela tubulação interconectora encontrada em plantas de processamento convencional. O resultado é que a parte do gás de alimentação que flui para a máquina de expansão 15 está em maior pressão para a presente invenção em comparação ao estado da técnica, permitindo que a máquina de expansão 15 na presente invenção produza tanto energia com uma maior pressão de saída quanto a máquina de expansão 15 no estado da técnica pode produzir a uma menor pressão de saída. Assim, a seção de absorção 118c no conjunto de processamento 118 da presente invenção pode operar com pressão superior à da coluna de fracionamento 18 do estado da técnica, mantendo o mesmo nível de recuperação. Esta pressão de operação mais alta, além da redução na queda de pressão para o gás residual devido à eliminação da tubulação de interconexão, resulta em uma pressão significativamente maior para o gás residual que entra no compressor 20, reduzindo assim a energia requerida pela presente

invenção para restaurar o gás residual à pressão da tubulação.

[035] Segundo, usar o meio de transferência de calor e massa na seção de desmetanização 118d para aquecer simultaneamente o líquido de destilação que deixa a seção de absorção 118c ao mesmo tempo em que permite que os vapores resultantes entrem em contato com o líquido e retirem seus componentes voláteis é mais eficiente do que usar uma coluna de destilação convencional com permutadores de reaquecimento externos. Os componentes voláteis são removidos do líquido de forma contínua, reduzindo a concentração dos componentes voláteis nos vapores mais rapidamente e, assim, melhorando a eficiência de remoção para a presente invenção.

[036] A presente invenção oferece duas outras vantagens em relação ao estado da técnica além do aumento da eficiência de processamento. Primeiro, o arranjo compacto do conjunto de processamento 118 da presente invenção substitui cinco itens de equipamentos distintos no estado da técnica (trocadores de calor 10, 11 e 13; separador 12; e torre de fracionamento 18, na FIG 1) por um item único de equipamento (conjunto de processamento 118, na figura 2). Isso reduz os requisitos de espaço e elimina a tubulação de interligação, reduzindo o custo de capital de uma usina de processamento que utiliza a presente invenção em relação ao estado da técnica. Segundo, a eliminação da tubulação de interligação significa que uma usina de processamento que utiliza a presente invenção tem muito menos conexões flangeadas em comparação com o estado da técnica, reduzindo o número de potenciais fontes de vazamento na planta. Os hidrocarbonetos são compostos orgânicos voláteis (VOCs), alguns dos quais são classificados como gases de efeito estufa e alguns dos quais podem ser precursores de formação de ozônio na atmosfera, o que significa que a presente invenção reduz o potencial de emissões atmosféricas que podem prejudicar o meio ambiente.

Outras Modalidades

[037] Algumas circunstâncias podem favorecer a eliminação da seção de resfriamento de alimentação 118a do conjunto de processamento 118 e o uso de um meio de troca de calor externo ao conjunto de processamento para o resfriamento de alimentação, como o trocador de calor 10 mostrado nas figuras 10 a 17. Esse arranjo permite que o conjunto de processamento 118 seja menor, o que pode reduzir o custo geral da planta e/ou reduzir o cronograma de fabricação em alguns casos. Note que em todos os casos o trocador de calor 10 é representativo de uma série de trocadores de calor individuais, ou um trocador de calor único de multipassagem, ou qualquer combinação destes. Cada trocador de calor pode ser composto por um trocador de calor do tipo tubo e rebarba, um trocador de calor do tipo placa, um trocador de calor de alumínio soldado, ou outro tipo de dispositivo de transferência de calor, incluindo trocadores de calor de multipassagem e/ou multiserviço.

[038] Algumas circunstâncias podem favorecer o fornecimento da corrente de líquido 35 diretamente para a região inferior da seção de absorção 118c através da corrente 40, como mostrado nas figuras 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14 e 16. Nesses casos, um dispositivo de expansão apropriado (como válvula de expansão 17) é usado para expandir o líquido para a pressão de operação da seção de absorção 118c e a corrente de líquido expandida resultante 40a é fornecida como alimentação para a região inferior da seção de absorção 118c (como mostrado pelas linhas tracejadas). Algumas circunstâncias podem favorecer a combinação de uma parte da corrente de líquido 35 (corrente 37) com o vapor na corrente 36 (FIGS. 2, 6, 10 e 14) ou com segunda parte resfriada 33a (FIGS. 4, 8, 12 e 16) para formar a corrente combinada 38 e rotear a parte restante da corrente de líquido 35 para a região inferior da seção de absorção 118c através das correntes 40/40a. Algu-

mas circunstâncias podem favorecer a combinação da corrente de líquido expandida 40a com a corrente expandida 39a (FIGS. 2, 6, 10 e 14) ou a corrente expandida 34a (FIGS. 4, 8, 12 e 16) e, posteriormente, o fornecimento da corrente combinada com a região inferior da seção de absorção 118c como uma única alimentação.

[039] Se o gás de alimentação for mais rico, a quantidade de líquido separado na corrente 35 pode ser grande o suficiente para favorecer a colocação de uma zona de transferência de massa adicional na seção de desmetanização 118d entre a corrente expandida 39a e a corrente de líquido expandida 40a, como mostrado nas figuras 3, 7, 11 e 15, ou entre a corrente expandida 34a e a corrente de líquido expandida 40a, como mostrado nas figuras 5, 9, 13 e 17. Nesses casos, o meio de transferência de calor e massa na seção de desmetanização 118d pode ser configurado em partes superior e inferior, para que a corrente de líquido expandida 40a possa ser introduzida entre as duas partes. Como mostrado pelas linhas tracejadas, algumas circunstâncias podem favorecer a combinação de uma parte da corrente de líquido 35 (corrente 37) com o vapor na corrente 36 (FIGS. 3, 7, 11 e 15) ou com a segunda parte resfriada 33a (FIGS. 5, 9, 13 e 17) para formar a corrente combinada 38, enquanto a parte remanescente da corrente de líquido 35 (corrente 40) é expandida a pressão mais baixa e fornecida entre as partes superior e inferior do meio de transferência de calor e massa na seção de desmetanização 118d como a corrente 40a.

[040] Algumas circunstâncias podem favorecer a não combinação das primeira e segunda partes resfriadas (correntes 32a e 33a), como mostrado nas figuras 4, 5, 8, 9, 12, 13, 16 e 17. Nesses casos, apenas a primeira parte resfriada 32a é direcionada para a seção do separador 118e dentro do conjunto de processamento 118 (FIGS. 4, 5, 12 e 13) ou do separador 12 (FIGS. 8, 9, 16 e 17) onde o vapor (cor-

rente 34) é separado do líquido condensado (corrente 35). A corrente de vapor 34 entra na máquina de expansão de trabalho 15 e é expandido consideravelmente isoentropicamente à pressão de operação da seção de absorção 118c, pela qual a corrente expandida 34a é fornecida como alimentação para a região inferior de absorção 118c dentro do conjunto de processamento 118. A segunda parte resfriada 33a é combinada com o líquido separado (corrente 35, através da corrente 37) e a corrente combinada 38 é direcionada para o meio de troca de calor na região inferior da seção de resfriamento de alimentação 118a no interior do conjunto de processamento 118 e resfriada a condensação considerável. A corrente consideravelmente condensada 38a é expandida em flash através da válvula de expansão 14 à pressão de operação da seção de absorção 118c, pela qual a corrente expandida 38b é fornecida à seção do separador 118b dentro do conjunto de processamento 118. Algumas circunstâncias podem favorecer a combinação de apenas uma parte (corrente 37) da corrente de líquido 35 com a segunda parte resfriada 33a, com a parte restante (corrente 40) fornecida à região inferior da seção de absorção 118c através da válvula de expansão 17. Outras circunstâncias podem favorecer o envio de toda a corrente de líquido 35 para a região inferior da seção de absorção 118c através da válvula de expansão 17.

[041] Em algumas circunstâncias, pode ser vantajoso utilizar um recipiente separador externo para separar a corrente de alimentação resfriada 31a ou a primeira parte resfriada 32a, em vez de incluir a seção do separador 118e no conjunto de processamento 118. Como mostrado nas figuras 6, 7, 14 e 15, o separador 12 pode ser usado para separar a corrente de alimentação resfriada 31a em corrente de vapor 34 e corrente de líquido 35. Da mesma forma, como mostrado nas figuras 8, 9, 16 e 17, o separador 12 pode ser usado para separar a primeira parte resfriada 32a em corrente de vapor fluxo 34 e corrente

de líquido 35.

[042] Dependendo da quantidade de hidrocarbonetos mais pesados no gás de alimentação e da pressão do gás de alimentação, a corrente de alimentação refrigerada 31a que entra na seção do separador 118e nas figuras 2, 3, 10 e 11 ou no separador 12 nas figuras 6, 7, 14 e 15 (ou a primeira parte resfriada 32a que entra na seção do separador 118e nas figuras 4, 5, 12 e 13 ou no separador 12 das figuras 8, 9, 16 e 17) não pode conter nenhum líquido (porque está acima de seu ponto de orvalho, ou porque está acima de sua pressão crítica). Nestes casos, não há nenhuma corrente de líquido 35 e 37 (como mostrado pelas linhas tracejadas), portanto, apenas vapor da seção do separador 118e na corrente 36 (FIGS. 2, 3, 10 e 11), o vapor do separador 12 na corrente 36 (FIGS. 6, 7, 14 e 15), ou a segunda parte resfriada 33a (FIGS. 4, 5, 8, 9, 12, 13, 16 e 17) flui para a corrente 38 para se tornar a corrente expandida consideravelmente condensada 38b fornecida para a seção do separador 118b no conjunto de processamento 118. Nestas circunstâncias, a seção do separador 118e no conjunto de processamento 118 (FIGS 2 a 5 e 10 a 13) ou no separador 12 (FIGS. 6 a 9 e 14 a 17) pode não ser exigida.

[043] Condições de alimentação de gás, tamanho da planta, equipamentos disponíveis, ou outros fatores podem indicar que a eliminação da máquina de expansão de trabalho 15, ou a substituição por um dispositivo de expansão alternativo (como uma válvula de expansão), é viável. Embora a expansão de corrente individual seja retratada em dispositivos de expansão particulares, meios de expansão alternativos podem ser empregados sempre que necessário. Por exemplo, as condições de trabalho podem justificar a expansão da parte consideravelmente condensada da corrente de alimentação (corrente 38a).

[044] De acordo com a presente invenção, o uso de refrigeração

externa para complementar a refrigeração disponível para o gás de entrada a partir do vapor de destilação e correntes de líquidos pode ser empregado, principalmente no caso de um gás de admissão rico. Nesses casos, um meio de transferência de calor e massa pode ser incluído na seção do separador 118e (ou um meio de coleta de gás nos casos em que a corrente de alimentação resfriada 31a ou a primeira parte resfriada 32a não contenha líquido), como mostrado pelas linhas tracejadas nas figuras 2 a 5 e 10 a 13, ou um meio de transferência de calor e massa pode ser incluído no separador 12, como mostrado pelas linhas tracejadas nas figuras 6 a 9 e 14 a 17. Este meio de transferência de calor e massa pode ser composto por um trocador de calor do tipo tubo e rebarba, um trocador de calor do tipo placa, um trocador de calor de alumínio soldado, ou outro tipo de dispositivo de transferência de calor, incluindo trocadores de calor de multipassagem e/ou multiserviço. O meio de transferência de calor e massa é configurado para fornecer troca de calor entre uma corrente refrigerante (por exemplo, propano) que flui através de uma passagem do meio de transferência de calor e massa e a parte de corrente de vapor 31a (FIGS. 2, 3, 6, 7, 10, 11, 14 e 15) ou a corrente 32a (FIGS. 4, 5, 8, 9, 12, 13, 16 e 17) que flui para cima, de modo que o refrigerante arrefece ainda mais o vapor e condensa o líquido adicional, que desce para se tornar do líquido retirado na corrente 35. Alternativamente, enchedores de gás convencionais poderiam ser usados para resfriar a corrente 32a, corrente 33a e/ou a corrente 31a com refrigerante antes de a corrente 31a entrar na seção do separador 118e (FIGS. 2, 3, 10 e 11) ou no separador 12 (FIGS. 6, 7, 14 e 15) ou de a corrente 32a entrar na seção do separador 118e (FIGS. 4, 5, 12 e 13) ou no separador 12 (FIGS. 8, 9, 16 e 17).

[045] Dependendo da temperatura e da riqueza do gás de alimentação e da quantidade de componentes C2 a serem recuperados

na corrente de produto líquido 44, pode não haver aquecimento suficiente disponível a partir da corrente 33 para fazer com que o líquido que deixa a seção de desmetanização 118d atenda as especificações do produto. Nesses casos, o meio de transferência de calor e massa na seção de desmetanização 118d pode incluir disposições para fornecer aquecimento suplementar com meio de aquecimento, como mostrado pelas linhas tracejadas nas figuras 2 a 17. Alternativamente, outro meio de transferência de calor e massa pode ser incluído na região inferior da seção de desmetanização 118d para fornecer aquecimento suplementar, ou a corrente 33 pode ser aquecida com meio de aquecimento antes de ser fornecida ao meio de transferência de calor e massa na seção de desmetanização 118d.

[046] Dependendo do tipo de dispositivos de transferência de calor escolhidos para a troca de calor através das regiões superior e inferior da seção de resfriamento de alimentação 118a, pode ser possível combinar estes meios de troca de calor em um único dispositivo de transferência de calor de multipassagem e/ou multisserviço. Nestes casos, o dispositivo de transferência de calor de multipassagem e/ou multisserviço irá incluir os meios adequados para a distribuição, segregação e coleta da corrente 32, corrente 38 e da corrente de destilação de vapor, a fim de realizar o resfriamento e aquecimento desejado.

[047] Algumas circunstâncias podem favorecer o fornecimento de transferência de massa adicional na região superior da seção de desmetanização 118d. Nestes casos, um meio de transferência de massa pode ser localizado abaixo de onde a corrente expandida 39a (FIGS. 2, 3, 6, 7, 10, 11, 14 e 15) ou a corrente expandida 34a (FIGS. 4, 5, 8, 9, 12, 13, 16 e 17) entra na região inferior da seção de absorção 118c e acima de onde a segunda parte resfriada 33a deixa o meio de transferência de calor e massa na seção de desmetanização 118d.

[048] Uma opção menos preferida para as modalidades das figu-

ras 2, 3, 6, 7, 10, 11, 14 e 15 da presente invenção é fornecer um recipiente separador para a primeira parte resfriada 32a, um recipiente separador para a segunda parte resfriada 33a, combinando as correntes de vapor separadas nele para formar a corrente de vapor 34, e combinando as correntes de líquido separadas nele para formar a corrente de líquido 35. Outra opção menos preferida para a presente invenção é a corrente de resfriamento 37 em um meio de troca de calor separado dentro da seção de resfriamento de alimentação 118a nas figuras 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 e 9 ou uma passagem separada no trocador de calor 10 nas figuras 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16 e 17 (em vez de combinar a corrente 37 com a corrente 36 ou com a corrente 33a para formar a corrente combinada 38), expandindo a corrente resfriada em um dispositivo de expansão separado, e fornecendo a corrente expandida para uma região intermediária na seção de absorção 118c.

[049] Será reconhecido que a quantidade relativa de alimentação encontrada em cada separação da alimentação de vapor dividida vai depender de vários fatores, incluindo pressão de gás, composição do gás de alimentação, quantidade de calor que pode ser economicamente extraído da alimentação e quantidade de potência disponível. Mais alimentação acima da seção de absorção 118c pode aumentar a recuperação, enquanto diminui a energia recuperada do expansor e, assim, aumenta os requisitos de potência de recompressão. Aumentar a alimentação abaixo da seção de absorção 118c reduz o consumo de energia, mas também pode reduzir a recuperação do produto.

[050] A presente invenção fornece uma melhor recuperação de componentes C2, componentes C3 e componentes de hidrocarbonetos mais pesados ou de componentes C3 e componentes de hidrocarbonetos mais pesados por quantidade de consumo utilitário necessário para operar o processo. Uma melhoria no consumo utilitário necessário para operar o processo pode aparecer na forma de requisitos de

energia reduzida para compressão ou recompressão, requisitos de energia reduzida para refrigeração externa, requisitos de energia reduzida para aquecimento suplementar, ou uma combinação destes.

[051] Embora tenham sido descritas o que se acredita serem modalidades preferidas da invenção, aqueles versados na técnica reconhecerão que outras modificações podem ser feitas, por exemplo, para adaptar a invenção a várias condições, tipos de alimentação, ou outros requisitos, sem se afastar do espírito da presente invenção, tal como definido pelas reivindicações seguintes.

REIVINDICAÇÕES

1. Processo para a separação de uma corrente gasosa (31) contendo metano, componentes C₂, componentes C₃, e componentes de hidrocarbonetos mais pesados em uma fração gasosa de resíduo volátil (41d) e uma fração relativamente menos volátil (44) que contém uma grande parte dos componentes C₂, componentes C₃, e componentes de hidrocarbonetos mais pesados ou os componentes C₃ e componentes de hidrocarbonetos mais pesados, **caracterizado pelo fato de que**

(i) a corrente de gás (31) é dividida em primeira (32) e segunda (33) partes;

(ii) a primeira parte (32) é resfriada (10);

(iii) a segunda parte (33) é resfriada (118d);

(iv) a primeira parte resfriada (32a) é combinada com segunda parte resfriada (33a) para formar uma corrente de gás refrigerado (31a,34);

(v) a corrente de gás resfriado (31a,34) é dividida em primeira (36) e segunda (39) correntes;

(vi) a primeira corrente (36) é resfriada (10) para se condensar consideravelmente por completo (38a) e é posteriormente expandida (14) para diminuir a pressão pela qual ela é ainda mais resfriada (38b);

(vii) a primeira corrente de gás refrigerado é fornecida como uma alimentação superior (38b) para um meio de absorção (118c) alojado em um conjunto de processamento (118);

(viii) a segunda corrente (39) é expandida (15) para diminuir a pressão e é fornecida como uma alimentação inferior (39a) para o meio de absorção (118c);

(ix) uma corrente de vapor de destilação (41) é coletada a partir de uma região superior do meio de absorção (118c) e aquecida

em um ou mais meios de troca de calor (10), fornecendo assim pelo menos uma parte das etapas de resfriamento (2) e (6) e, posteriormente, descarregando a corrente de vapor de destilação aquecida (41a) como a fração de gás volátil de resíduo;

(x) uma corrente de líquido de destilação é coletada a partir de uma região inferior do meio absorvente (118c) e aquecida em um meio de transferência de massa e calor (118d) alojado no conjunto (118), para fornecer assim pelo menos uma parte do resfriamento da etapa (3) ao mesmo tempo em que retira os componentes mais voláteis da corrente de líquido de destilação e, posteriormente, descarrega a corrente de líquido de destilação aquecida e retirada do conjunto de processamento (118) como fração relativamente menos volátil (44); e

(xi) as quantidades e temperaturas das correntes de alimentação (38b,39a) para o meio de absorção (118c) são eficazes para manter a temperatura da região superior do meio de absorção (118c) a uma temperatura em que as partes principais dos componentes na fração relativamente menos volátil (44) são recuperadas.

2. Processo, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que

(a) a primeira parte resfriada (32a) é combinada com a segunda parte resfriada (33a) para formar uma corrente de gás parcialmente condensada (31a);

(b) a corrente de gás parcialmente condensada (31a) é fornecida a um meio de separação (12) e é separada nela para fornecer uma corrente de vapor (34) e pelo menos uma corrente de líquido (35);

(c) a corrente de vapor (34) é dividida em primeira (36) e segunda (39) correntes; e

(d) pelo menos uma parte (40) da pelo menos uma corrente de líquido (35) é expandida (17) para diminuir a pressão e é fornecida (40a) como uma segunda alimentação inferior para o meio absorvente

(118c).

3. Processo, de acordo com a reivindicação 2, **caracterizado pelo fato de que**

(a) a primeira corrente (36) é combinada com pelo menos uma parte (37) da pelo menos uma corrente de líquido (35) para formar uma corrente combinada (38);

(b) a corrente combinada (38) é resfriada para condensar-se consideravelmente por completo (38a) e daí em diante é expandida (14) para diminuir a pressão através do que é adicionalmente resfriada (38b);

(c) a corrente combinada resfriada expandida (38b) é fornecida como uma alimentação superior a um meio absorvente (118c);

(d) qualquer parte remanescente (40) da pelo menos uma corrente de líquido (35) é expandida (17) para diminuir a pressão e é fornecida (40a) como uma segunda alimentação inferior para o meio absorvente (118c); e

(e) a corrente de vapor de destilação (41) é aquecida em um ou mais meios de troca de calor (10), para assim fornecer pelo menos uma parte do resfriamento das etapas (2) e (b).

4. Processo, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo fato de que**

(a) a primeira parte (32) é resfriada (10) e é posteriormente expandida (15) para diminuir a pressão;

(b) a primeira parte resfriada expandida (34a) é fornecida como uma alimentação inferior a um meio absorvente (118c);

(c) a segunda parte (33) é resfriada (118d,10) para condensar-se consideravelmente por completo (38a) e daí em diante é expandida (14) para diminuir a pressão através do que é adicionalmente resfriada (38b);

(d) a segunda parte resfriada expandida (38b) é fornecida

como uma alimentação superior ao meio absorvente (118c);

(e) uma corrente de vapor de destilação (41) é coletada a partir de uma região superior do meio absorvente (118c) e aquecida em um ou mais meios de troca de calor (10), para assim fornecer pelo menos uma parte do resfriamento das etapas (a) e (c) e,

(f) a corrente de líquido de destilação é coletada a partir de uma região inferior do meio absorvente (118c) e aquecida em um meio de transferência de massa e calor (118d) para fornecer assim, pelo menos uma parte do resfriamento da etapa (c).

5. Processo, de acordo com a reivindicação 4, caracterizado pelo fato de que

(a) a primeira parte (32) é resfriada (10) o suficiente para condensá-la parcialmente (32a);

(b) a primeira parte parcialmente condensada (32a) é fornecida a um meio de separação (12) e é separada nele para fornecer uma corrente de vapor (34) e pelo menos uma corrente de líquido (35);

(c) a corrente de vapor (34) é expandida (15) para diminuir a pressão e é fornecida como uma primeira alimentação inferior (34a) a um meio absorvente (118c); e

(d) pelo menos uma parte (40) da pelo menos uma corrente de líquido (35) é expandida para diminuir a pressão e é fornecida como uma alimentação inferior adicional (40a) ao meio absorvente (118c).

6. Processo, de acordo com a reivindicação 5, caracterizado pelo fato de que

(i) a segunda parte (33) é resfriada (118d) e é posteriormente combinada com pelo menos uma parte (37) da pelo menos uma corrente de líquido (35) para formar uma corrente combinada (38);

(ii) a corrente combinada (38) é resfriada (10) para condensar-se consideravelmente por completo (38a) e daí em diante é ex-

pandida (14) para diminuir a pressão através do que é adicionalmente resfriada (38b);

(iii) a corrente combinada resfriada expandida (38b) é fornecida como uma alimentação superior ao meio absorvente (118c);

(iv) qualquer parte remanescente (40) da pelo menos uma corrente de líquido (35) é expandida (17) para diminuir a pressão e é fornecida como uma alimentação inferior adicional (40a) para o meio absorvente (118c); e

(v) uma corrente de vapor de destilação (41) é aquecida em um ou mais meios de troca de calor (10), para fornecer assim pelo menos uma parte do resfriamento das etapas (a) e (ii).

7. Processo, de acordo com a reivindicação 2 ou 5, **caracterizado pelo fato de que**

(a) o meio de transferência de massa e calor (118d) é organizado em regiões superior e inferior; e

(b) a pelo menos uma parte expandida da pelo menos uma corrente de líquido é fornecida (40a) ao conjunto de processamento (118) para inserir-se entre as regiões superior e inferior do meio de transferência de massa e calor (118d).

8. Processo, de acordo com a reivindicação 3 ou 6, **caracterizado pelo fato de que**

(a) o meio de transferência de massa e calor (118d) é organizado em regiões superior e inferior; e

(b) a qualquer parte remanescente expandida da pelo menos uma corrente de líquido é fornecida (40a) ao conjunto de processamento (118) para inserir-se entre as regiões superior e inferior do meio de transferência de massa e calor (118d).

9. Processo, de acordo com qualquer uma das reivindicações 2, 3, 5, 6, 7 ou 8, **caracterizado pelo fato de que** o meio de separação (118e) é alojado no conjunto de processamento (118).

10. Processo, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo fato de que**

(a) um meio de coleta de gás (118e) está alojado no conjunto de processamento (118);

(b) um meio de transferência de massa e calor adicional é incluído dentro do meio de coleta de gás (118e), o meio de transferência de massa e calor adicional incluindo uma ou mais passagens para um meio de refrigeração externo;

(c) a corrente gasosa resfriada (31a) é fornecida ao meio de coleta de gás (118e) e direcionada para o meio de transferência de massa e calor adicional para ser resfriada adicionalmente pelo meio de refrigeração externo; e

(d) a corrente gasosa resfriada adicional (34) é dividida nas primeira (36) e segunda (39) correntes.

11. Processo, de acordo com a reivindicação 4, **caracterizado pelo fato de que**

(a) um meio de coleta de gás (118e) está alojado no conjunto de processamento (118);

(b) um meio de transferência de massa e calor adicional é incluído dentro do meio de coleta de gás (118e), o meio de transferência de massa e calor adicional incluindo uma ou mais passagens para um meio de refrigeração externo;

(c) a primeira parte resfriada (32a) é fornecida ao meio de coleta de gás (118e) e direcionada para o meio de transferência de massa e calor adicional para ser resfriada adicionalmente pelo meio de refrigeração externo; e

(d) a primeira parte resfriada adicional (34) é expandida (15) à menor pressão e é posteriormente fornecida como uma alimentação inferior (34a) ao meio absorvente (118c).

12. Processo, de acordo com qualquer uma das reivindica-

ções 2, 3, 5, 6, 7, 8 ou 9, **caracterizado pelo fato de que**

(a) um meio de transferência de massa e calor adicional é incluído dentro do meio de separação (12), o meio de transferência de massa e calor adicional incluindo uma ou mais passagens para um meio de refrigeração externo;

(b) a corrente de vapor é direcionada ao meio de transferência de massa e calor adicional para ser resfriada pelo meio de refrigeração externo para formar condensado adicional; e

(c) o condensado torna-se uma parte da pelo menos uma corrente de líquido (35) separada nela.

13. Processo, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 12, **caracterizado pelo fato de que** o meio de transferência de massa e calor (118d) inclui uma ou mais passagens para um meio de aquecimento externo para complementar o aquecimento fornecido pelo gás de alimentação (33) para a retirada dos componentes mais voláteis da corrente de líquido de destilação.

14. Aparelho para a separação de uma corrente gasosa (31) contendo metano, componentes C₂, componentes C₃, e componentes de hidrocarbonetos mais pesados em uma fração gasosa de resíduo volátil (41d) e uma fração relativamente menos volátil (44) que contém uma grande parte dos componentes C₂, componentes C₃, e componentes de hidrocarbonetos mais pesados ou os componentes C₃ e componentes de hidrocarbonetos mais pesados, **caracterizado pelo fato de que** compreende

(a) o primeiro meio de divisão para dividir a corrente gasosa (31) em primeira (31) e segunda (32) partes;

(b) o primeiro meio de troca de calor (10) conectado ao primeiro meio de divisão para receber uma primeira parte (32) e resfriá-la;

(c) meio de transferência de massa e calor (118d) alojado

em um conjunto de processamento (118) e conectado ao primeiro meio de divisão para receber a segunda parte (33) e resfriá-la;

(d) meio de combinação conectado ao primeiro meio de troca de calor (10) e ao meio de transferência de massa e calor (118d) para receber a primeira parte resfriada (32a) e a segunda parte resfriada (33a) e formar uma corrente gasosa resfriada (31a,34);

(e) o segundo meio de divisão conectado ao meio de combinação para receber a corrente gasosa resfriada (31a,34) e dividi-la em primeira (36) e segunda (39) correntes;

(f) segundo meio de troca de calor (10) conectado ao segundo meio de divisão para receber a primeira corrente (36) e resfriá-la suficientemente para condensá-la consideravelmente (38a);

(g) o primeiro meio de expansão (14) conectado ao segundo meio de troca de calor (10) para receber a primeira corrente consideravelmente condensada (38a) e expandi-la para diminuir a pressão (38b);

(h) meio absorvente (118c) alojado no conjunto de processamento (118) e conectado ao primeiro meio de expansão (14) para receber a primeira corrente resfriada expandida (38b) como uma alimentação superior a ela;

(i) segundo meio de expansão (15) conectado ao segundo meio de divisão para receber a segunda corrente (39) e expandi-la para diminuir a pressão (39a), o segundo meio de expansão (15) sendo ainda conectado ao meio absorvente (118c) para fornecer a segunda corrente expandida (39a) como uma alimentação inferior a ela;

(j) meio de coleta de vapor (118b) alojado no conjunto de processamento (118) e conectado ao meio absorvente (118c) para receber uma corrente de vapor de destilação a partir de uma região superior do meio absorvente;

(k) o segundo meio de troca de calor (10) sendo ainda co-

nectado ao meio de coleta de vapor (118b) para receber a corrente de vapor de destilação (41) e aquecê-la, para assim fornecer pelo menos uma parte do resfriamento da etapa (6);

(l) o primeiro meio de troca de calor (10) sendo adicionalmente conectado ao segundo meio de troca de calor (10) para receber a corrente de vapor de destilação aquecida e aquecê-la adicionalmente, para assim fornecer pelo menos uma parte do resfriamento da etapa (2) e, posteriormente, descarregar a corrente de vapor de destilação aquecida (41a) como a fração gasosa de resíduo volátil;

(m) meio de coleta de líquido alojado no conjunto de processamento (118) e conectado ao meio absorvente (118c) para receber uma corrente de líquido de destilação a partir de uma região inferior do meio absorvente (118c);

(n) o meio de transferência de massa e calor (118d) sendo adicionalmente conectado ao meio de coleta de líquido para receber a corrente de líquido de destilação e aquecê-lo, para fornecer assim, pelo menos uma parte do resfriamento da etapa (3) ao mesmo tempo em que retira os componentes mais voláteis da corrente de líquido de destilação e, posteriormente, descarrega a corrente de líquido de destilação extraído e aquecido a partir do conjunto de processamento (118) como a fração relativamente menos volátil (44); e

(o) meio de controle adaptado para regular as quantidades e temperaturas das correntes de alimentação (38b,39a) para o meio absorvente (118c) para manter a temperatura da região superior do meio absorvente (118c) a uma temperatura em que as partes principais dos componentes na fração relativamente menos volátil (44) são recuperadas.

15. Aparelho, de acordo com a reivindicação 14, **caracterizado pelo fato de que**

(a) o meio de combinação é adaptado para receber a pri-

meira parte resfriada (32a) e a segunda parte resfriada (33a) e formar uma corrente gasosa parcialmente condensada (31a);

(b) um meio de separação (12) é conectado ao meio de combinação para receber a corrente gasosa parcialmente condensada (31a) e separá-la em uma corrente de vapor (34) e pelo menos uma corrente de líquido (35);

(c) o segundo meio de divisão é conectado ao meio de separação (12) para receber a corrente de vapor (34) e dividi-la em primeira (36) e segunda (39) correntes; e

(d) um terceiro meio de expansão (17) conectado ao meio de separação (12) para receber pelo menos uma parte (40) da pelo menos uma corrente de líquido (35) e expandi-la para diminuir a pressão, o terceiro meio de expansão (17) sendo adicionalmente conectado ao meio absorvente (118c) para fornecer a corrente de líquido expandida (40a) como uma alimentação inferior adicional para ela.

16. Aparelho, de acordo com a reivindicação 15, **caracterizado pelo fato de que**

(a) o meio de combinação adicional é conectado ao segundo meio de divisão e ao meio de separação (12) para receber a primeira corrente (36) e pelo menos uma parte de pelo menos um corente líquida (35) e formar uma corrente combinada (38);

(b) o segundo meio de troca de calor (10) é conectado ao meio de combinação adicional para receber a corrente combinada (38) e resfriá-la suficientemente para condensá-la (38a) consideravelmente;

(c) o primeiro meio de expansão (14) é conectado ao segundo meio de troca de calor (10) para receber a corrente combinada consideravelmente condensada (38a) e expandi-la para diminuir a pressão (38b);

(d) o meio absorvente (118c) é conectado ao primeiro meio de expansão (14) para receber a corrente combinada resfriada expan-

dida (38b) como uma alimentação superior a ela;

(e) o terceiro meio de expansão (17) é conectado ao meio de separação (12) para receber qualquer parte remanescente (40) da pelo menos uma corrente de líquido (35) e expandi-la para diminuir a pressão (40a), o terceiro meio de expansão (17) sendo adicionalmente conectado ao meio absorvente (118c) para fornecer a parte remanescente expandida de pelo menos uma corrente de líquido (40a) como uma alimentação inferior adicional para ela; e

(f) o segundo meio de troca de calor (10) sendo ainda conectado ao meio de coleta de vapor (118b) para receber a corrente de vapor de destilação (41) e aquecê-la, para assim fornecer pelo menos uma parte do resfriamento da etapa (b).

17. Aparelho, de acordo com a reivindicação 14, **caracterizado pelo fato de que**

(a) o segundo meio de troca de calor (10) é conectado ao meio de transferência de massa e calor (118d) para receber a segunda parte resfriada (33a) e resfriá-la adicional e suficientemente para condensá-la (38a) consideravelmente;

(b) o primeiro meio de expansão (14) é conectado ao segundo meio de troca de calor (10) para receber a segunda parte consideravelmente condensada (38a) e expandi-la para diminuir a pressão (38b);

(c) o meio absorvente (118c) é conectado ao primeiro meio de expansão (14) para receber a segunda parte resfriada expandida (38b) como uma alimentação superior para ele;

(d) o segundo meio de expansão (15) é conectado ao primeiro meio de troca de calor (10) para receber a primeira parte resfriada (32a) e expandi-la para diminuir a pressão (34a), o segundo meio de expansão (15) sendo ainda conectado ao meio absorvente (118c) para fornecer a primeira parte resfriada expandida (34a) como uma

alimentação inferior para ele; e

(e) o segundo meio de troca de calor (10) sendo ainda conectado ao meio de coleta de vapor (118) para receber a corrente de vapor de destilação (41) e aquecê-la, para assim fornecer pelo menos uma parte do resfriamento da etapa (a).

18. Aparelho, de acordo com a reivindicação 17, **caracterizado pelo fato de que**

(a) o primeiro meio de troca de calor (10) é adaptado para receber a primeira parte (32) e resfriá-la suficientemente para condensá-la (32a) parcialmente;

(b) o meio de separação (12) é conectado ao primeiro meio de troca de calor (10) para receber a primeira parte parcialmente condensada (32a) e separá-la em uma corrente de vapor (34) e pelo menos uma corrente de líquido (35);

(c) o segundo meio de expansão (15) é conectado ao meio de separação (12) para receber a corrente de vapor (34) e expandi-la para diminuir a pressão (34a), o segundo meio de expansão (15) sendo ainda conectado ao meio absorvente (118c) para fornecer a corrente de vapor expandida (34a) como uma primeira alimentação inferior para ela; e

(d) o terceiro meio de expansão (1) é conectado ao meio de separação (12) para receber pelo menos uma parte (40) da pelo menos uma corrente de líquido (35) e expandi-la para diminuir a pressão (40a), o terceiro meio de expansão (17) sendo adicionalmente conectado ao meio absorvente (118c) para fornecer pelo menos uma parte expandida de pelo menos uma corrente de líquido (40a) como uma alimentação inferior adicional para ela.

19. Aparelho, de acordo com a reivindicação 18, **caracterizado pelo fato de que**

(a) o meio de combinação é adaptado para ser conectado

ao meio de transferência de massa e calor (118d) e ao meio de separação (12) para receber a segunda parte resfriada (33a) e pelo menos uma parte (37) da pelo menos uma corrente de líquido (35) e formar uma corrente combinada (38);

(b) o segundo meio de troca de calor (10) é conectado ao meio de combinação para receber a corrente combinada (38) e resfriá-la suficientemente para condensá-la (38a);

(c) o primeiro meio de expansão (14) é conectado ao segundo meio de troca de calor (10) para receber a corrente combinada consideravelmente condensada (38a) e expandi-la para diminuir a pressão (38b);

(d) o meio absorvente (118c) é conectado ao primeiro meio de expansão (14) para receber a corrente combinada resfriada expandida (38b) como uma alimentação superior para ela;

(e) o terceiro meio de expansão (17) é conectado ao meio de separação (12) para receber qualquer parte remanescente (40) da pelo menos uma corrente de líquido (35) e expandi-la para diminuir a pressão (40a), o terceiro meio de expansão (17) sendo ainda conectado ao meio absorvente (118c) para fornecer pelo menos uma parte remanescente expandida de pelo menos uma corrente de líquido (40a) como uma alimentação inferior adicional para ela; e

(f) o segundo meio de troca de calor (10) sendo ainda conectado ao meio de coleta de vapor (118b) para receber a corrente de vapor de destilação (41) e aquecê-la, para assim fornecer pelo menos uma parte do resfriamento da etapa (b).

20. Aparelho, de acordo com a reivindicação 15 ou 18, **caracterizado pelo fato de que**

(a) o meio de transferência de massa e calor (118d) é organizado em regiões superior e inferior; e

(b) o conjunto de processamento (118) está conectado ao

terceiro meio de expansão (17) para receber pelo menos uma parte da pelo menos uma corrente de líquido (40a) expandida e direcioná-la entre as regiões superior e inferior do meio de transferência de massa e calor (118d).

21. Aparelho, de acordo com a reivindicação 16 ou 19, **caracterizado pelo fato de que**

(a) o meio de transferência de massa e calor (118d) é organizado em regiões superior e inferior; e

(b) o conjunto de processamento (118) está conectado ao terceiro meio de expansão (17) para receber a qualquer parte restante da pelo menos uma corrente de líquido (40a) expandida e direcioná-la entre as regiões superior e inferior do meio de transferência de massa e calor (118d).

22. Aparelho, de acordo com a reivindicação 15, 16, 18, 19, 20 ou 21, **caracterizado pelo fato de que** o meio de separação (118e) está alojado no conjunto de processamento (118).

23. Aparelho, de acordo com a reivindicação 14, **caracterizado pelo fato de que**

(a) um meio de coleta de gás (118e) está alojado no conjunto de processamento (118);

(b) um meio de transferência de massa e calor adicional é incluído dentro do meio de coleta de gás (118e), o meio de transferência de massa e calor adicional incluindo uma ou mais passagens para um meio de refrigeração externo;

(c) o meio de coleta de gás (118e) é conectado ao meio de combinação para receber a corrente gasosa resfriada (31a) e direcioná-la para o meio de transferência de massa e calor adicional para ser resfriada adicionalmente pelo meio de refrigeração externo; e

(d) o segundo meio de divisão é adaptado para ser conectado ao meio de coleta de gás (118e) para receber a corrente gasosa

resfriada adicional (34) e dividi-la nas primeira (36) e segunda (39) correntes.

24. Aparelho, de acordo com a reivindicação 17, **caracterizado pelo fato de que**

(a) um meio de coleta de gás (118e) está alojado no conjunto de processamento (118);

(b) um meio de transferência de massa e calor adicional é incluído dentro do meio de coleta de gás (118e), o meio de transferência de massa e calor adicional incluindo uma ou mais passagens para um meio de refrigeração externo;

(c) o meio de coleta de gás (118e) é conectado ao primeiro meio de troca de calor (10) para receber a primeira parte resfriada (32a) e direcioná-la para o meio de transferência de massa e calor adicional para ser resfriada adicionalmente pelo meio de refrigeração externo; e

(d) o segundo meio de expansão (15) é adaptado para ser conectado ao meio de coleta de gás (118e) para receber a primeira parte resfriada adicional (34) e expandi-la para diminuir a pressão (34a), o segundo meio de expansão (15) sendo ainda conectado ao meio absorvente (118c) para fornecer a primeira parte resfriada adicional expandida (34a) como a alimentação inferior para ela.

25. Aparelho, de acordo com qualquer uma das reivindicações 15, 16, 18, 19, 20, 21 ou 22, **caracterizado pelo fato de que**

(a) um meio de transferência de massa e calor adicional é incluído dentro do meio de separação (12), o meio de transferência de massa e calor adicional incluindo uma ou mais passagens para um meio de refrigeração externo;

(b) a corrente de vapor é direcionada ao meio de transferência de massa e calor adicional para ser resfriada pelo meio de refrigeração externo para formar condensado adicional; e

(c) o condensado torna-se uma parte da pelo menos uma corrente de líquido separada nela.

26. Aparelho, de acordo com qualquer uma das reivindicações 14 a 25, **caracterizado pelo fato de que** o meio de transferência de massa e calor (118d) inclui uma ou mais passagens para um meio de aquecimento externo para complementar o aquecimento fornecido pela segunda parte (33) para a retirada dos componentes mais voláteis da corrente de líquido de destilação.

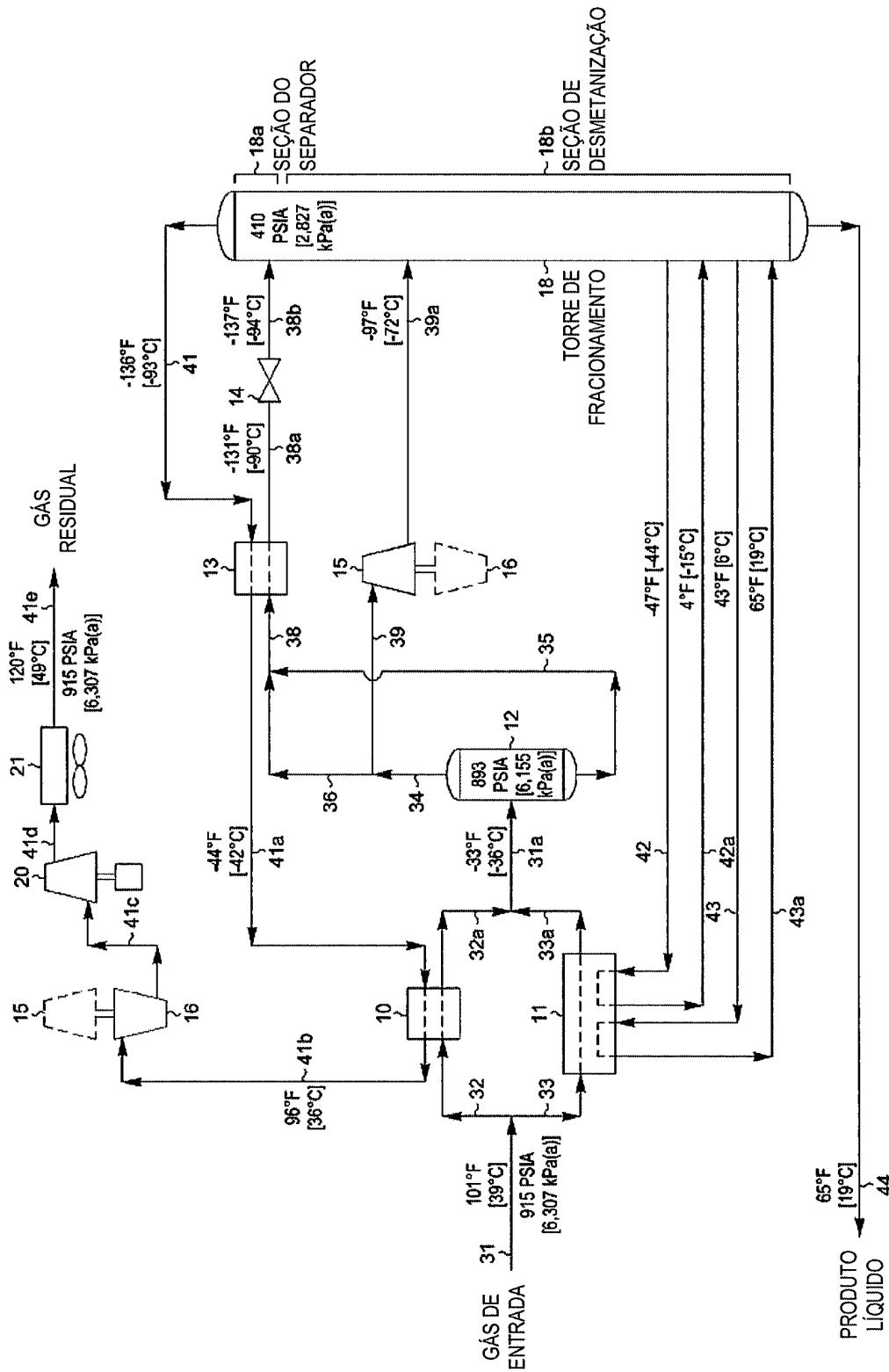


FIG. 1
(ESTADO DA TÉCNICA)

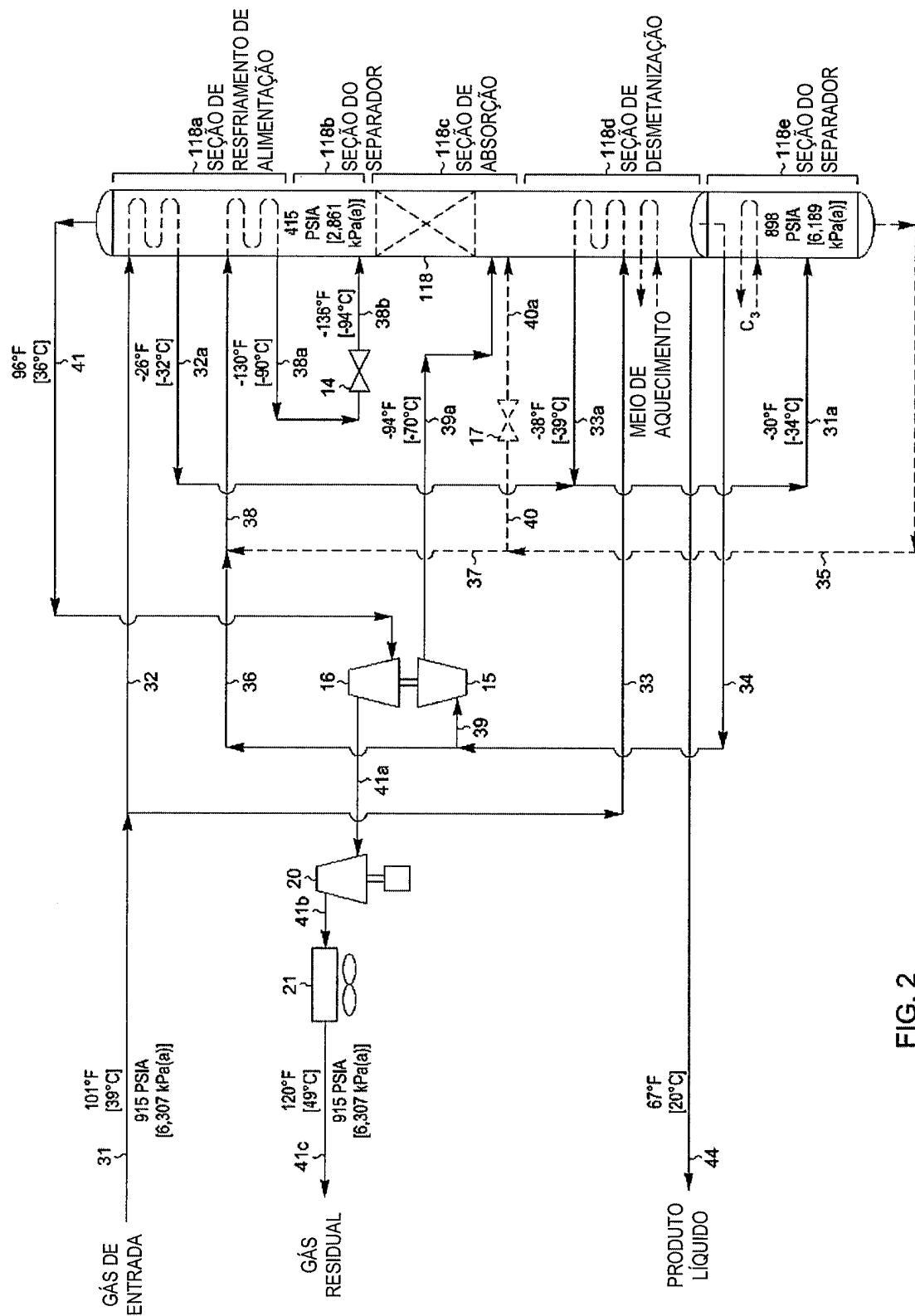


FIG. 2

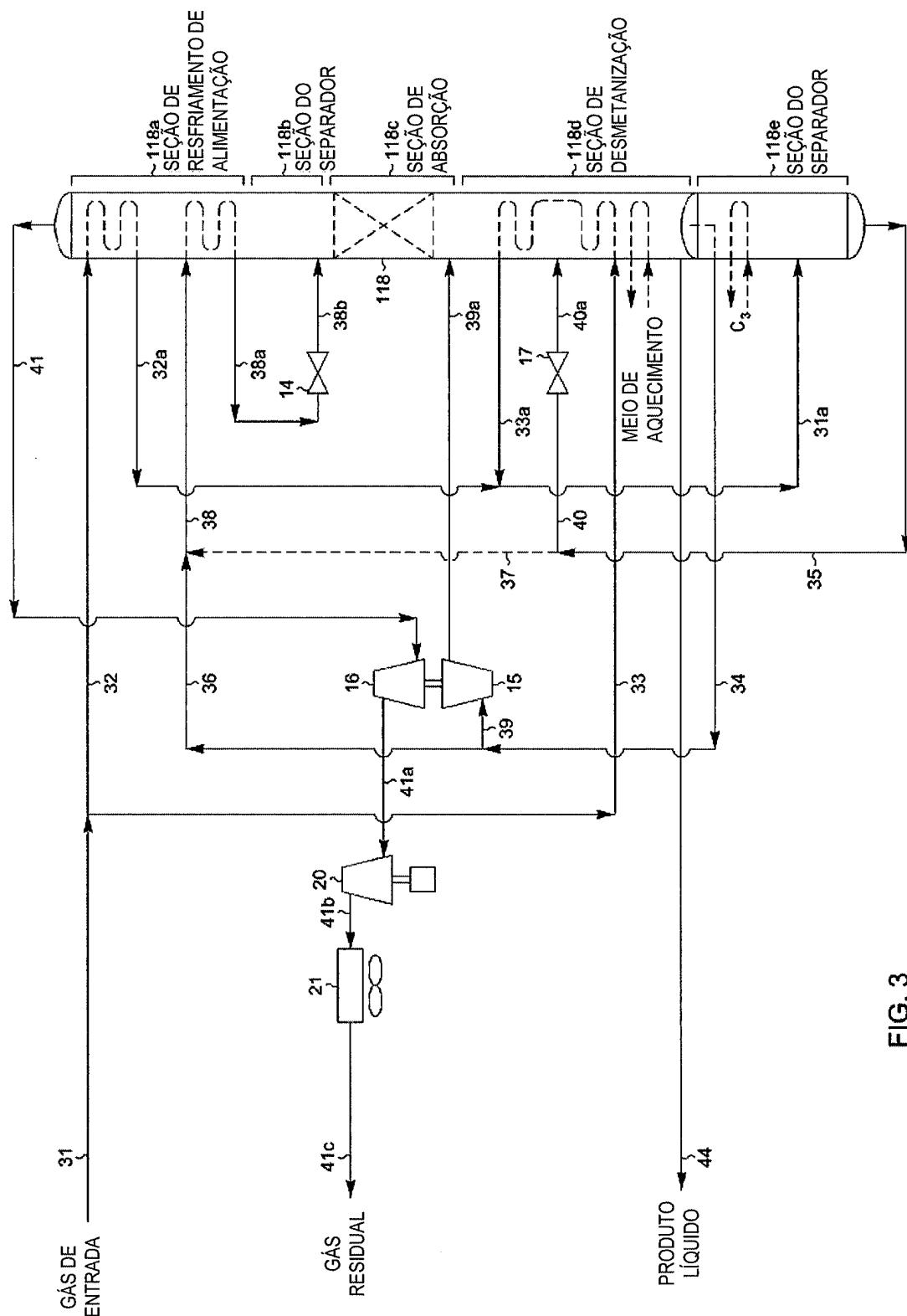


FIG. 3

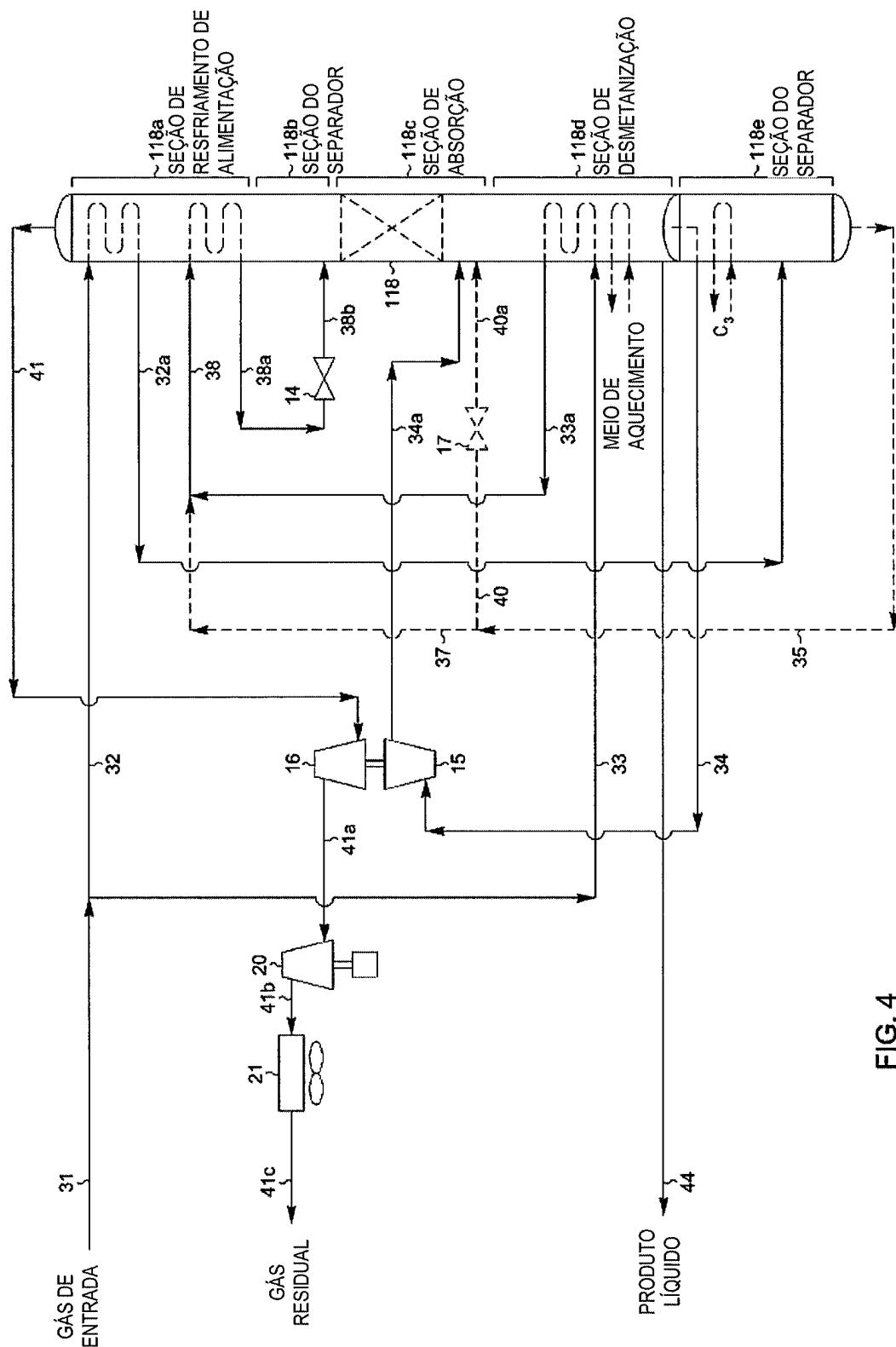
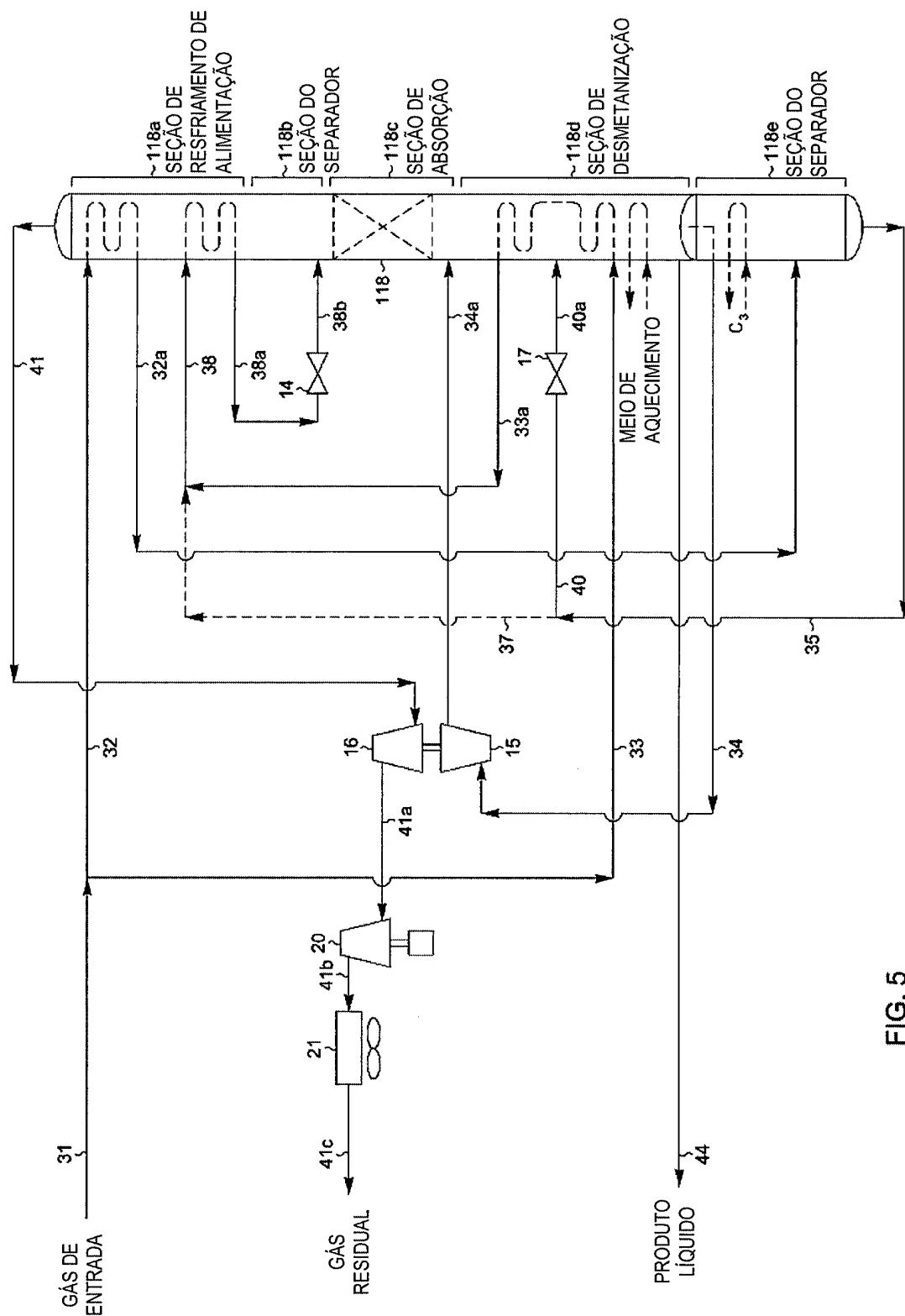


FIG. 4



5
FIG.

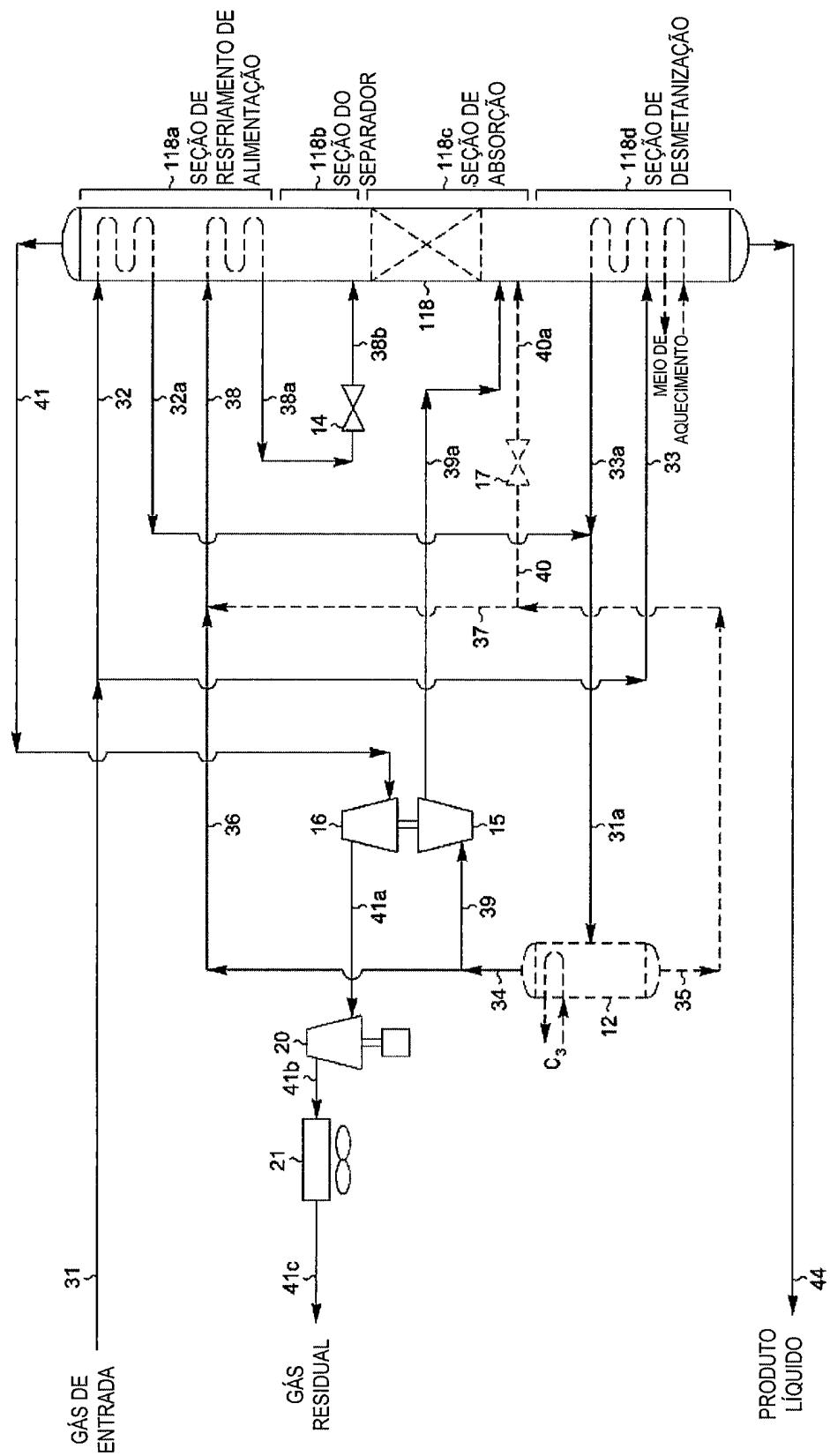


FIG. 6

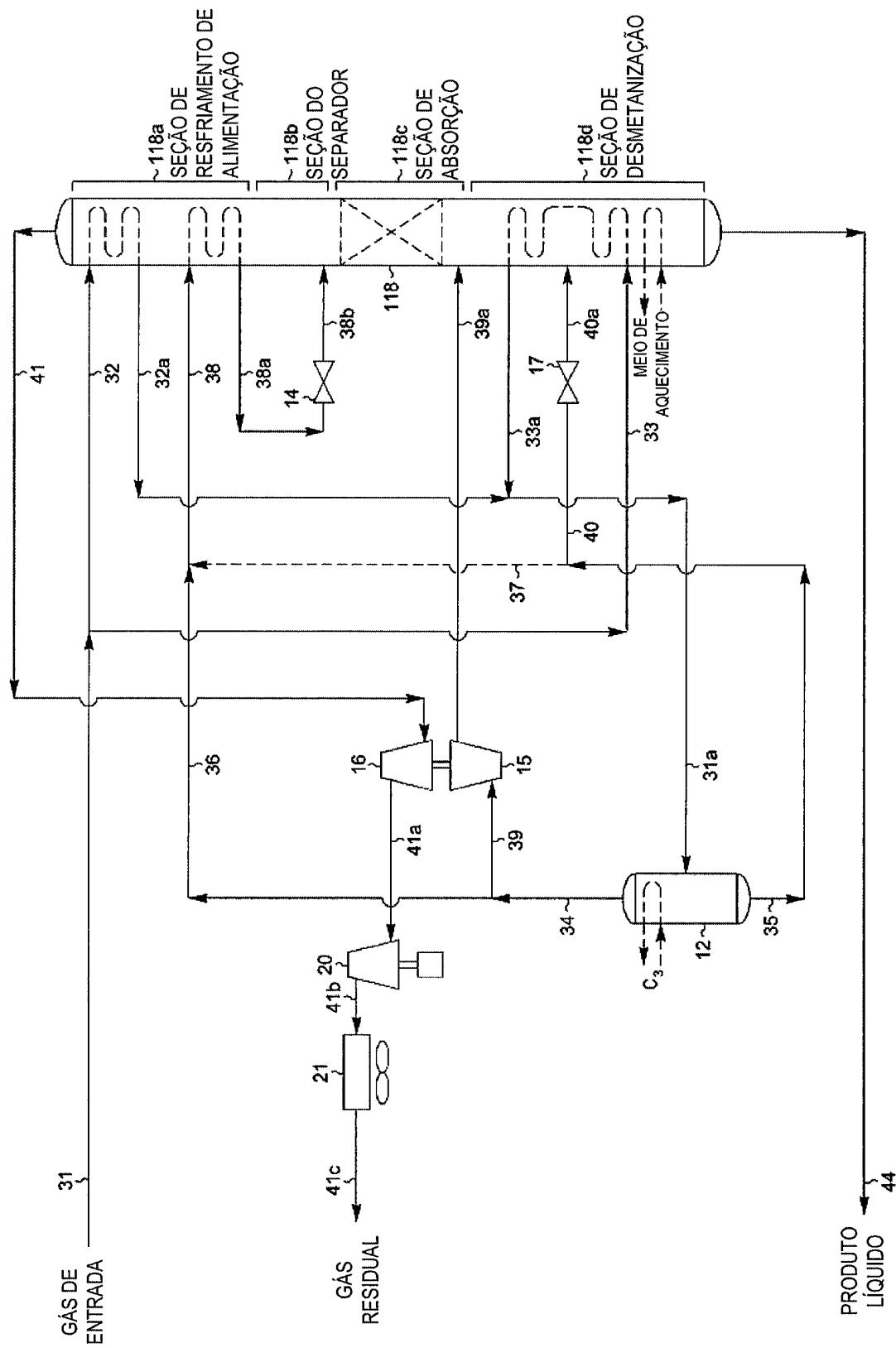
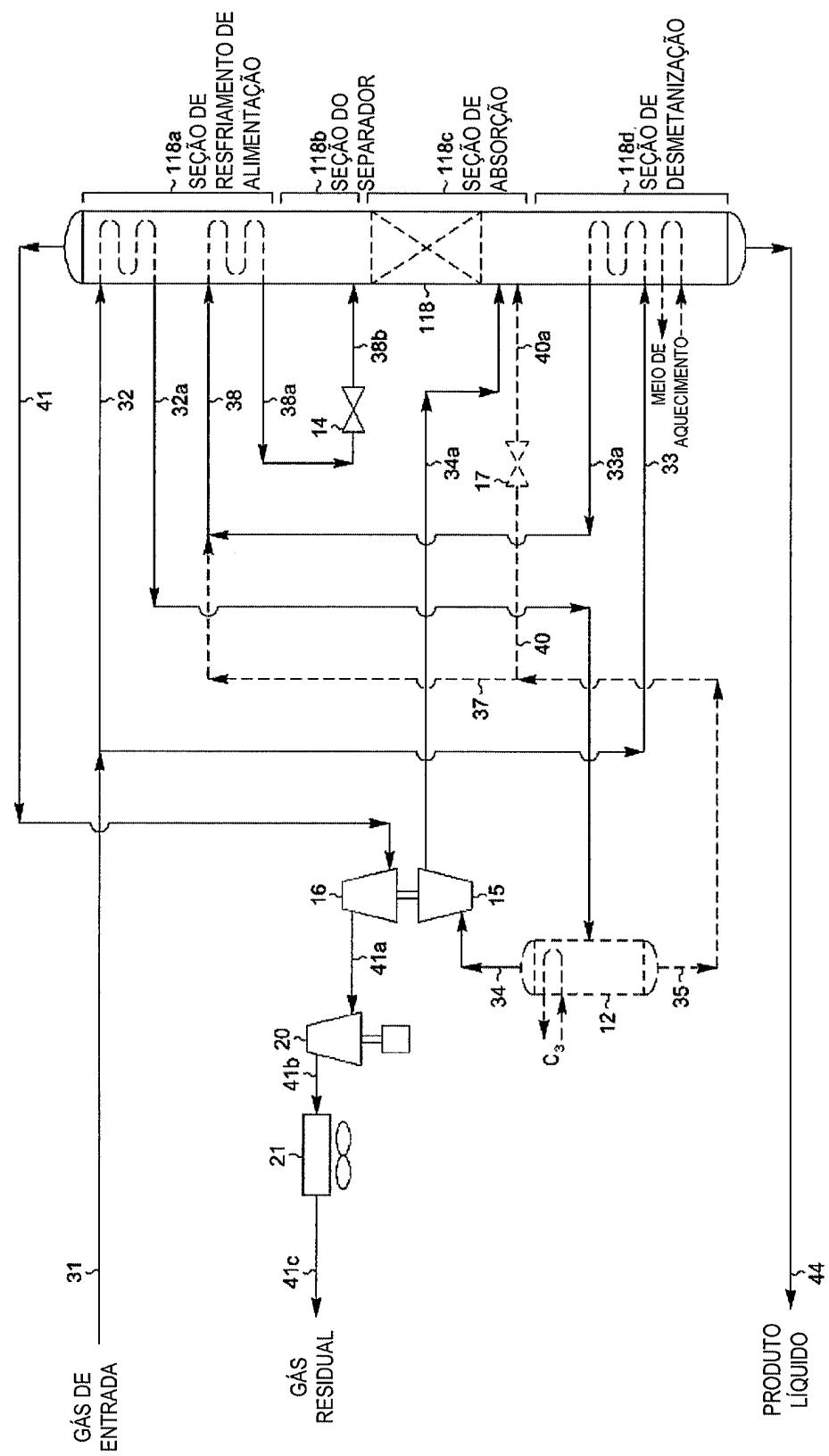


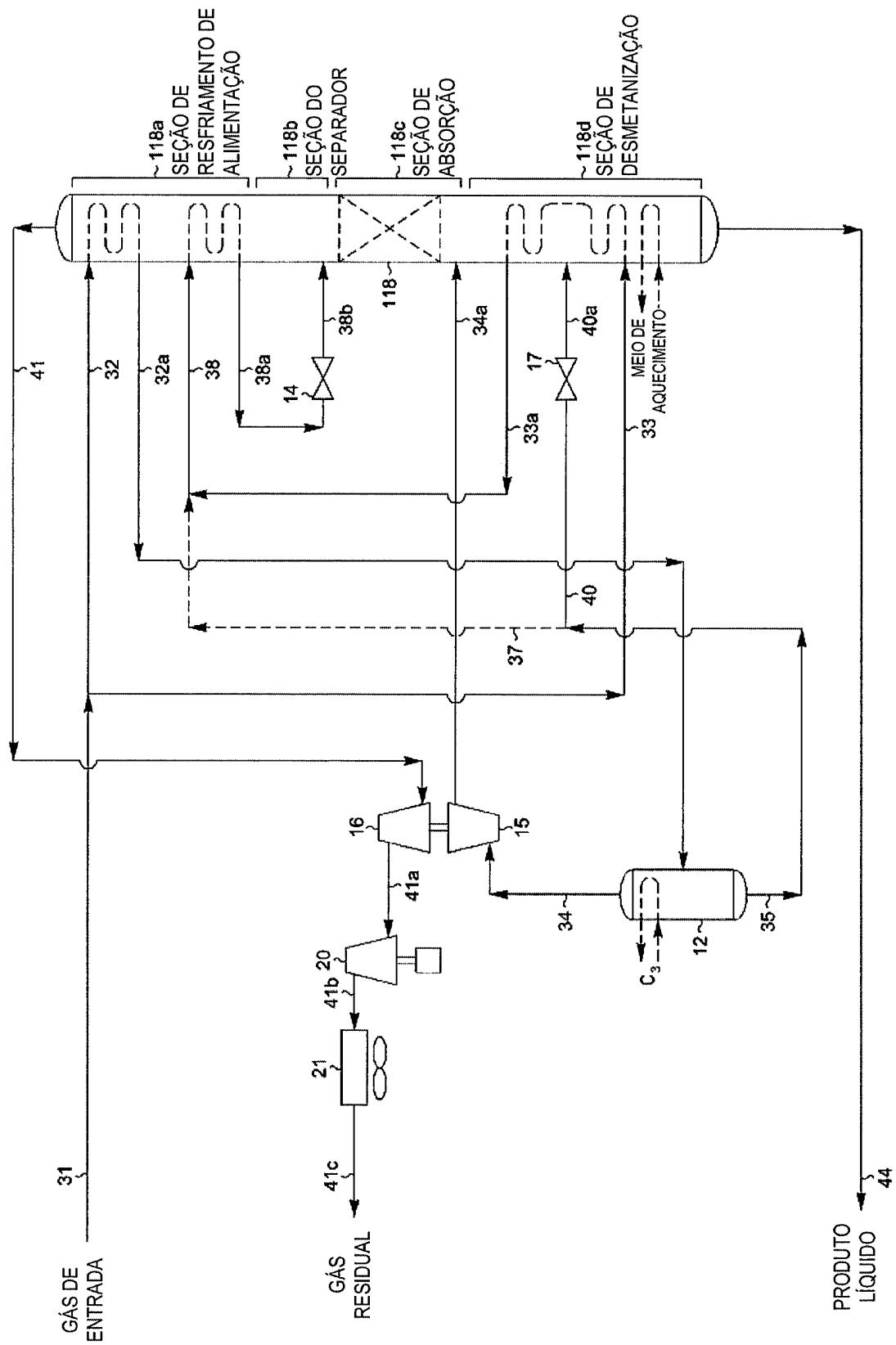
FIG. 7

PRODUTO
LÍQUIDO

44



88



6
FIG.

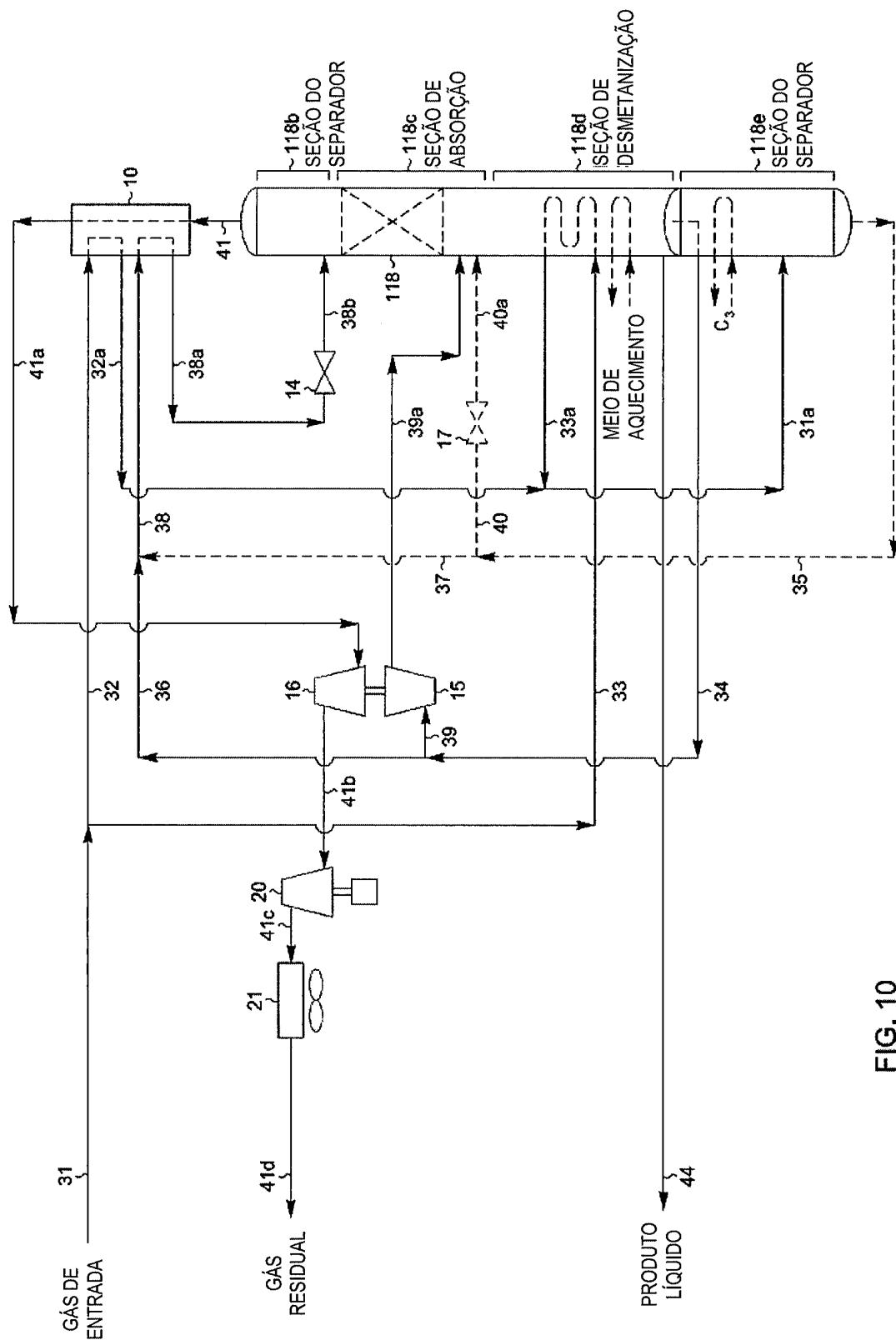


FIG. 10

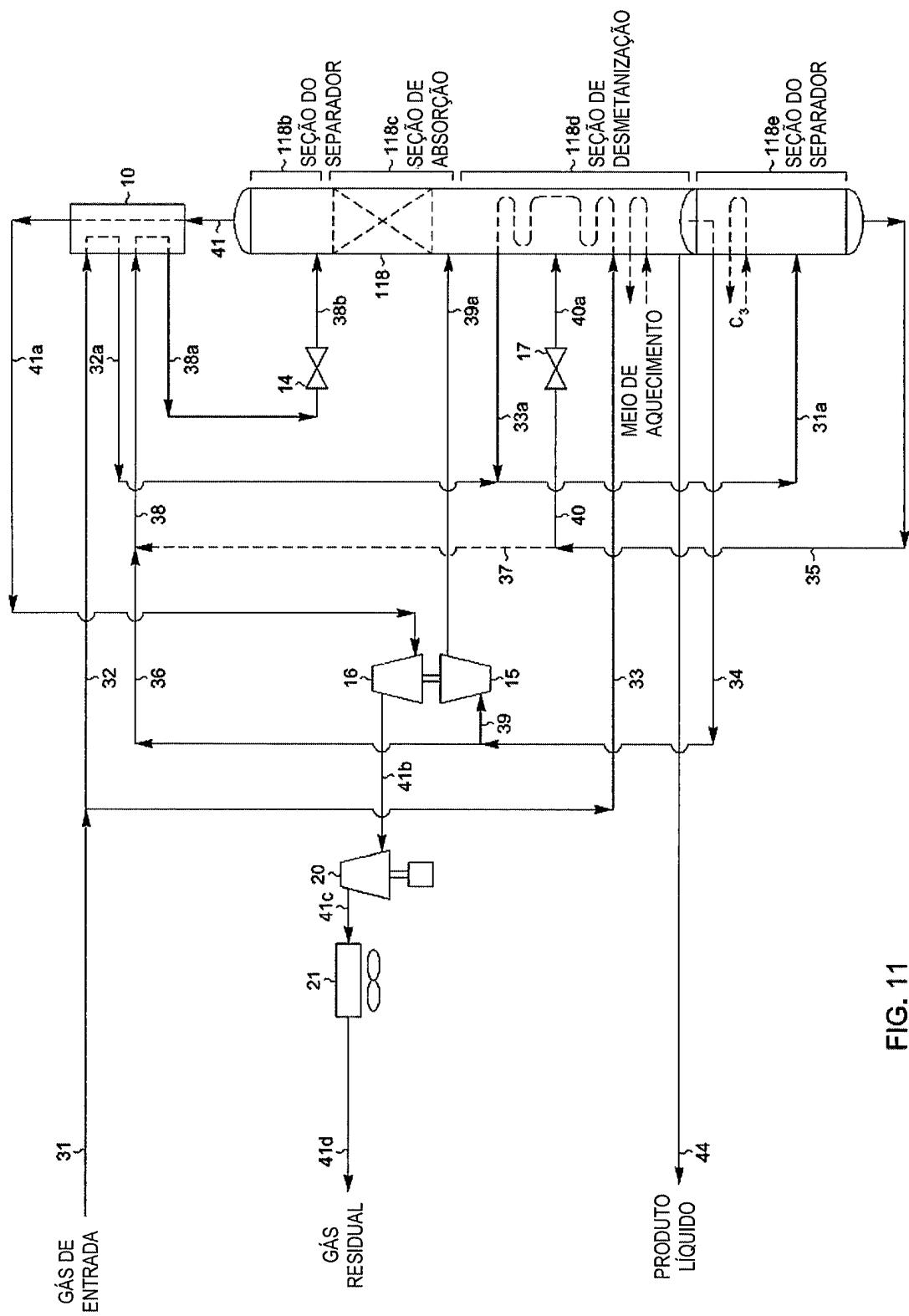


FIG. 11

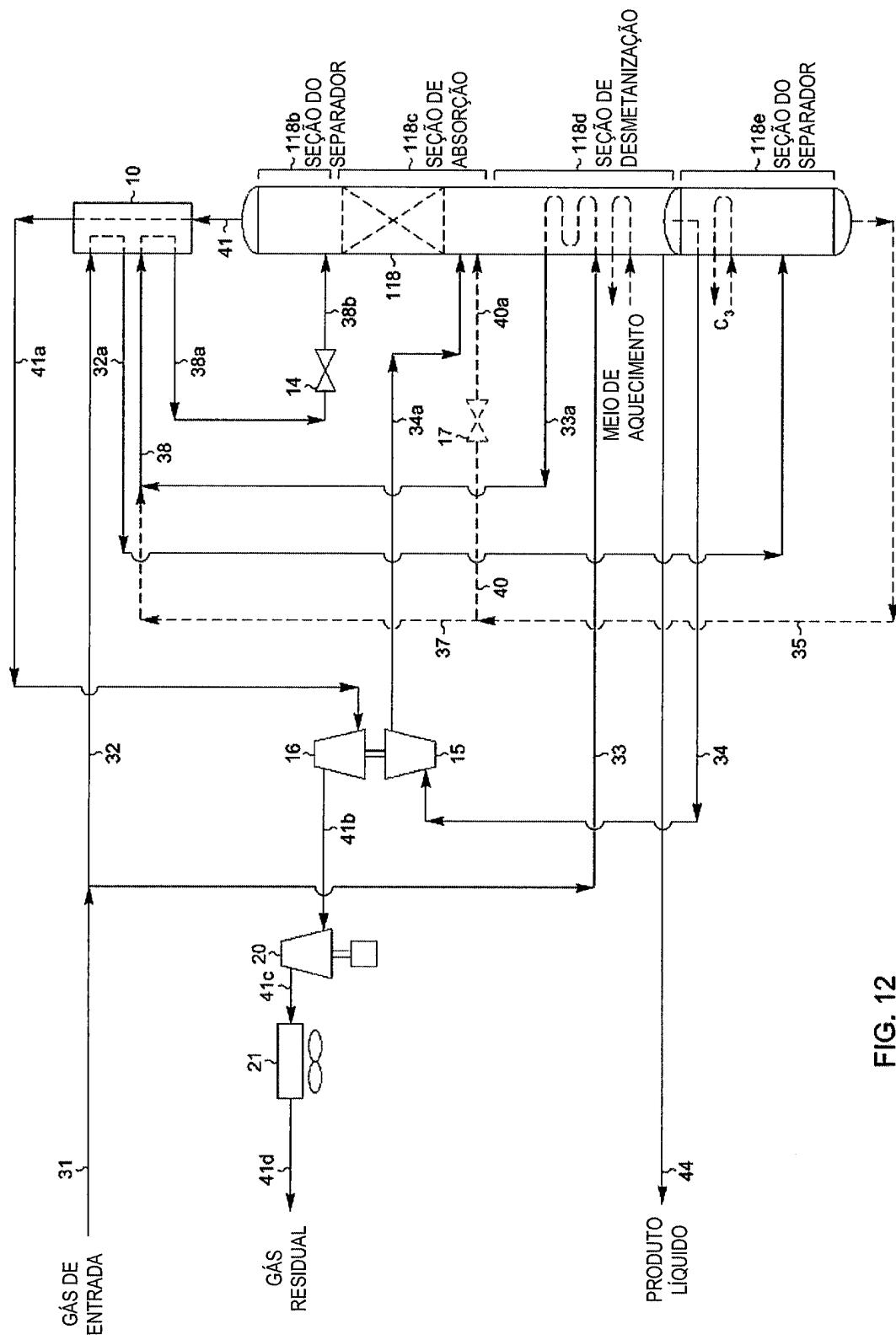


FIG. 12

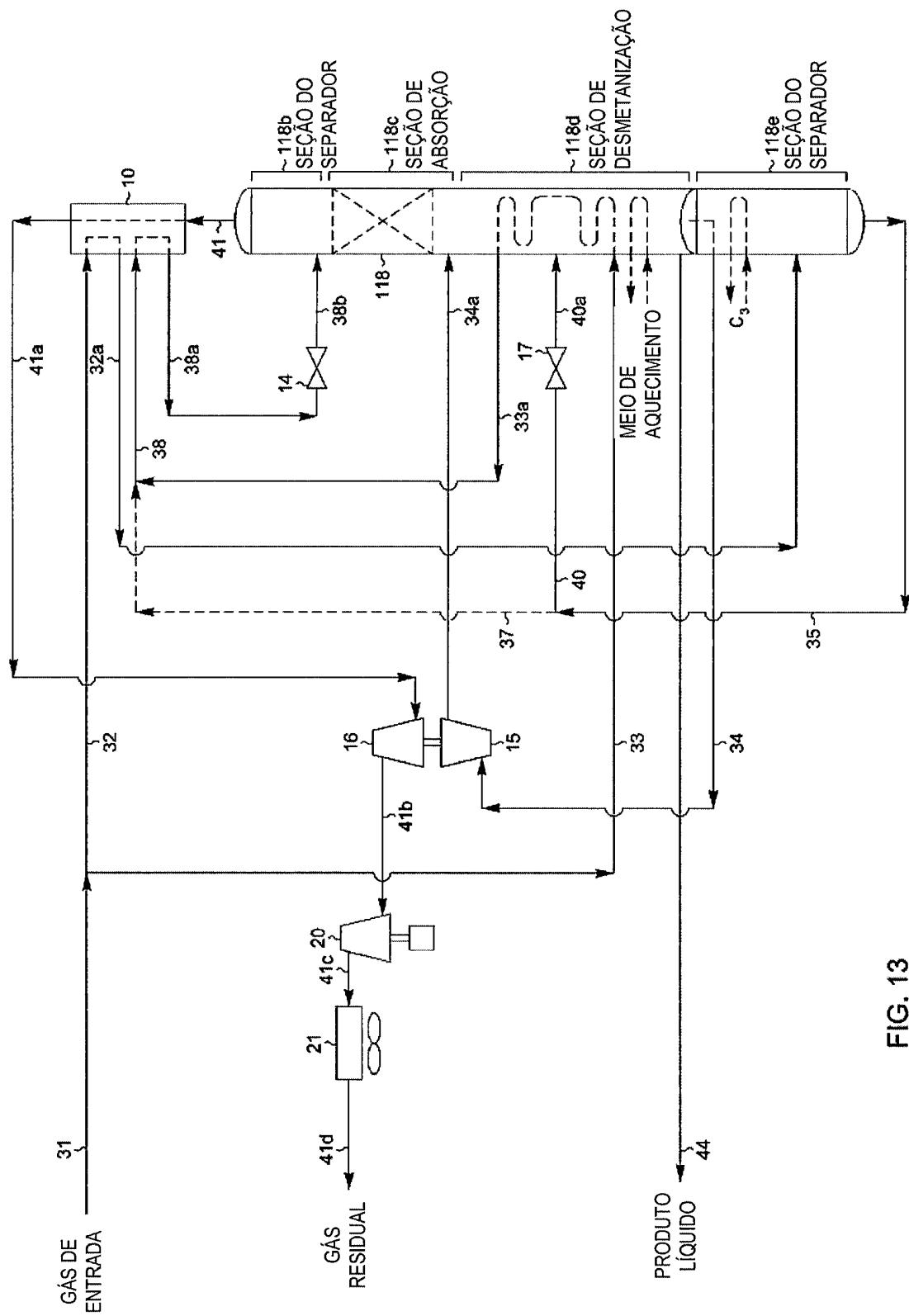


FIG. 13

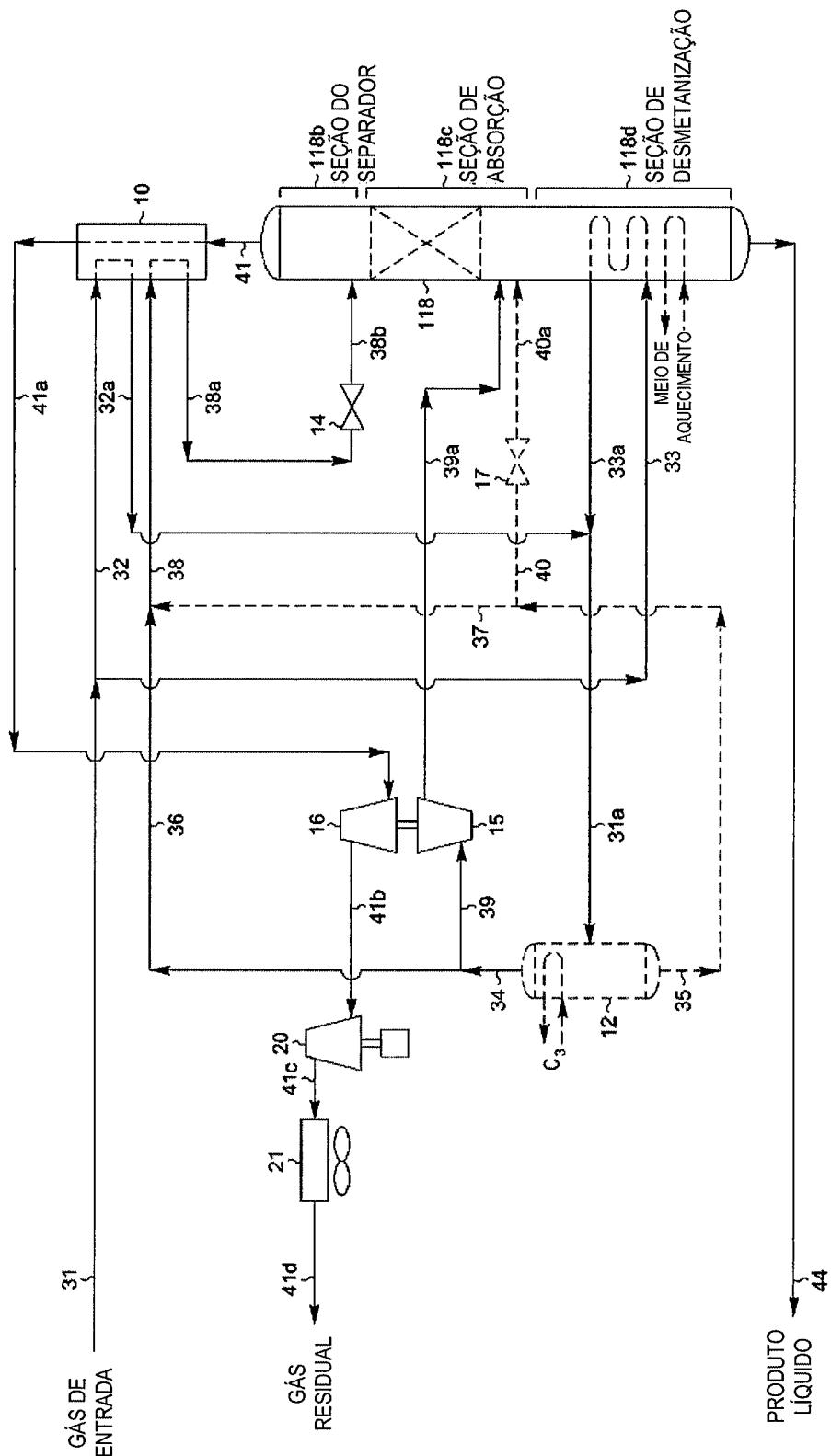


FIG. 14

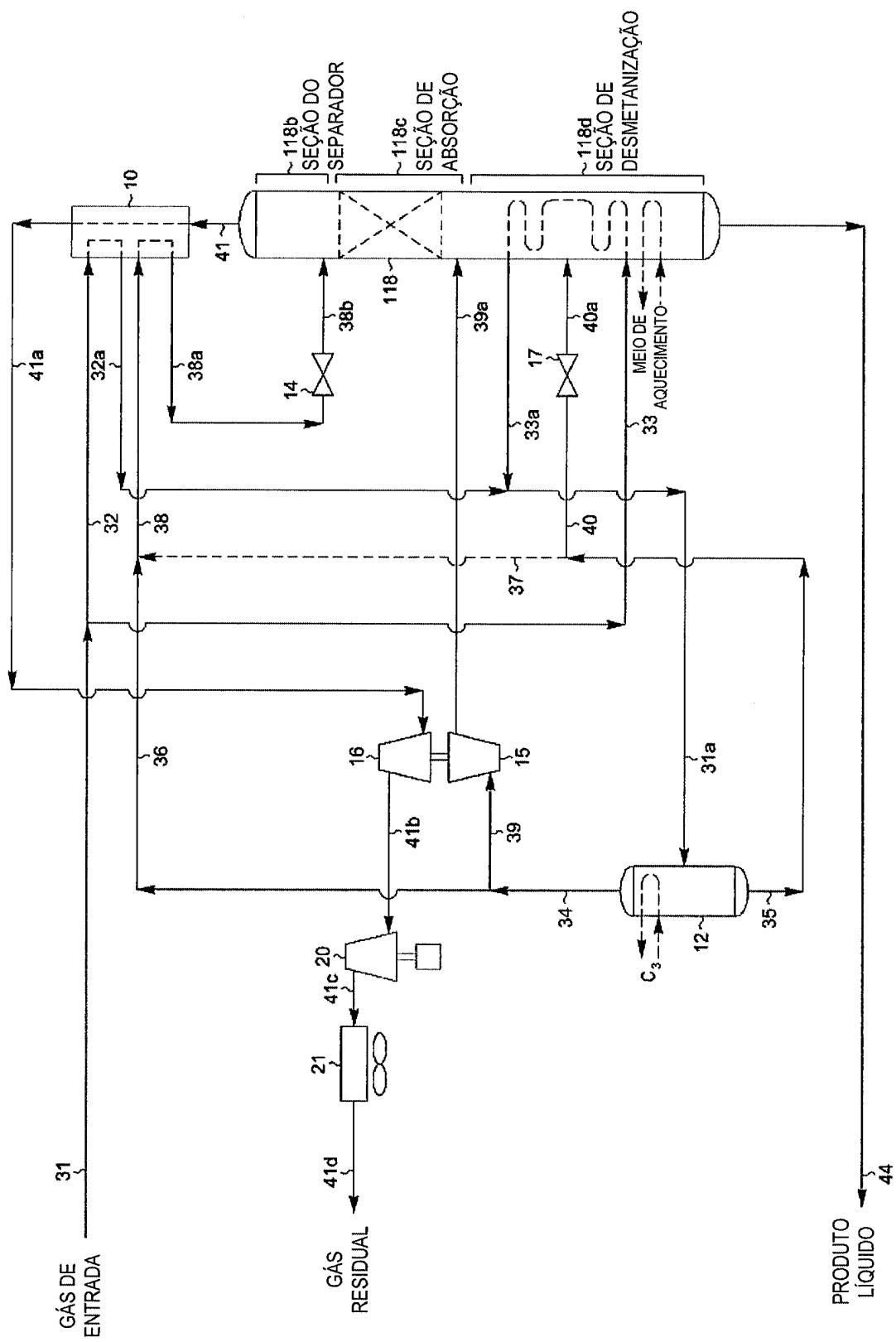


FIG. 15

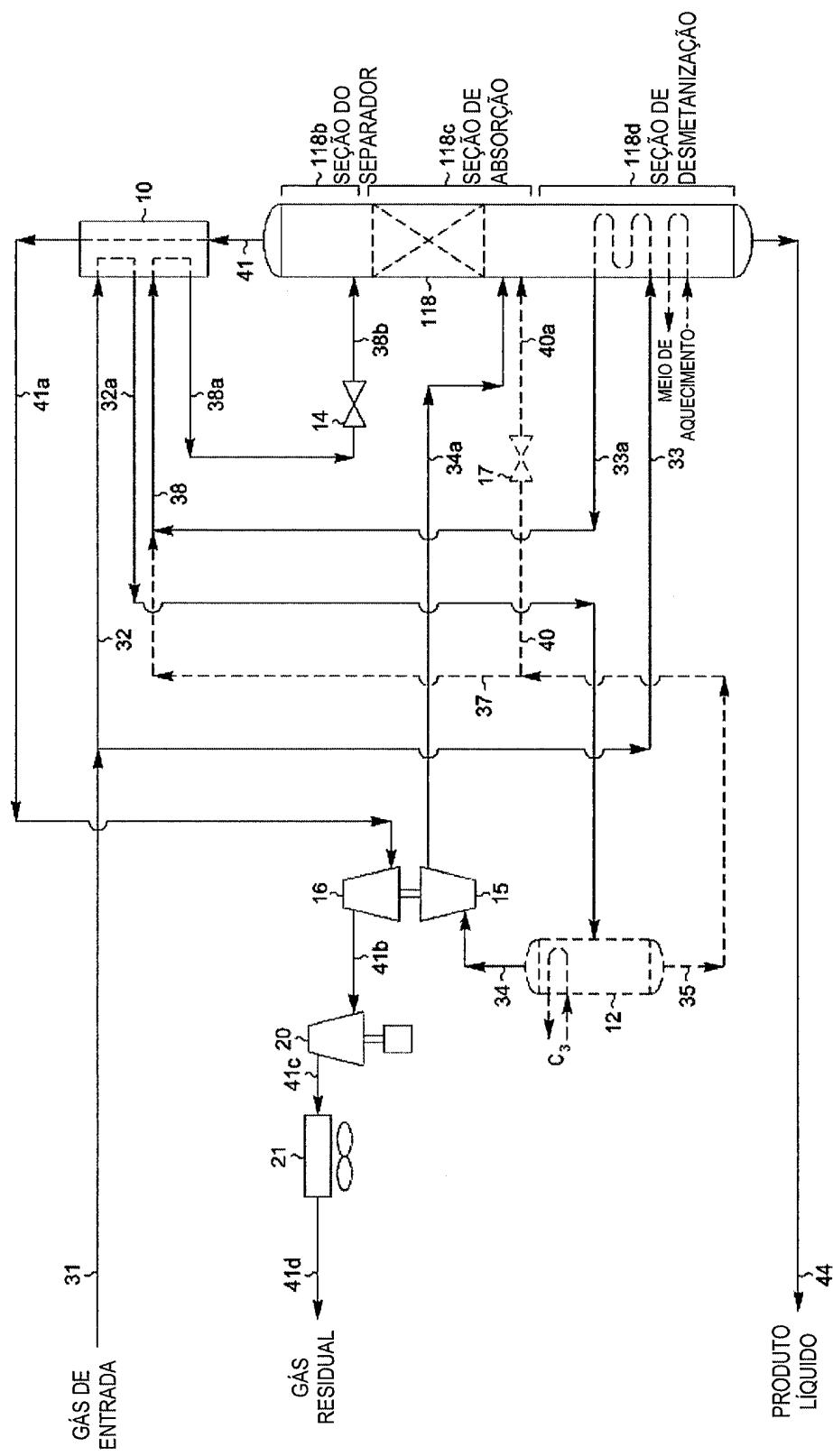


FIG. 16

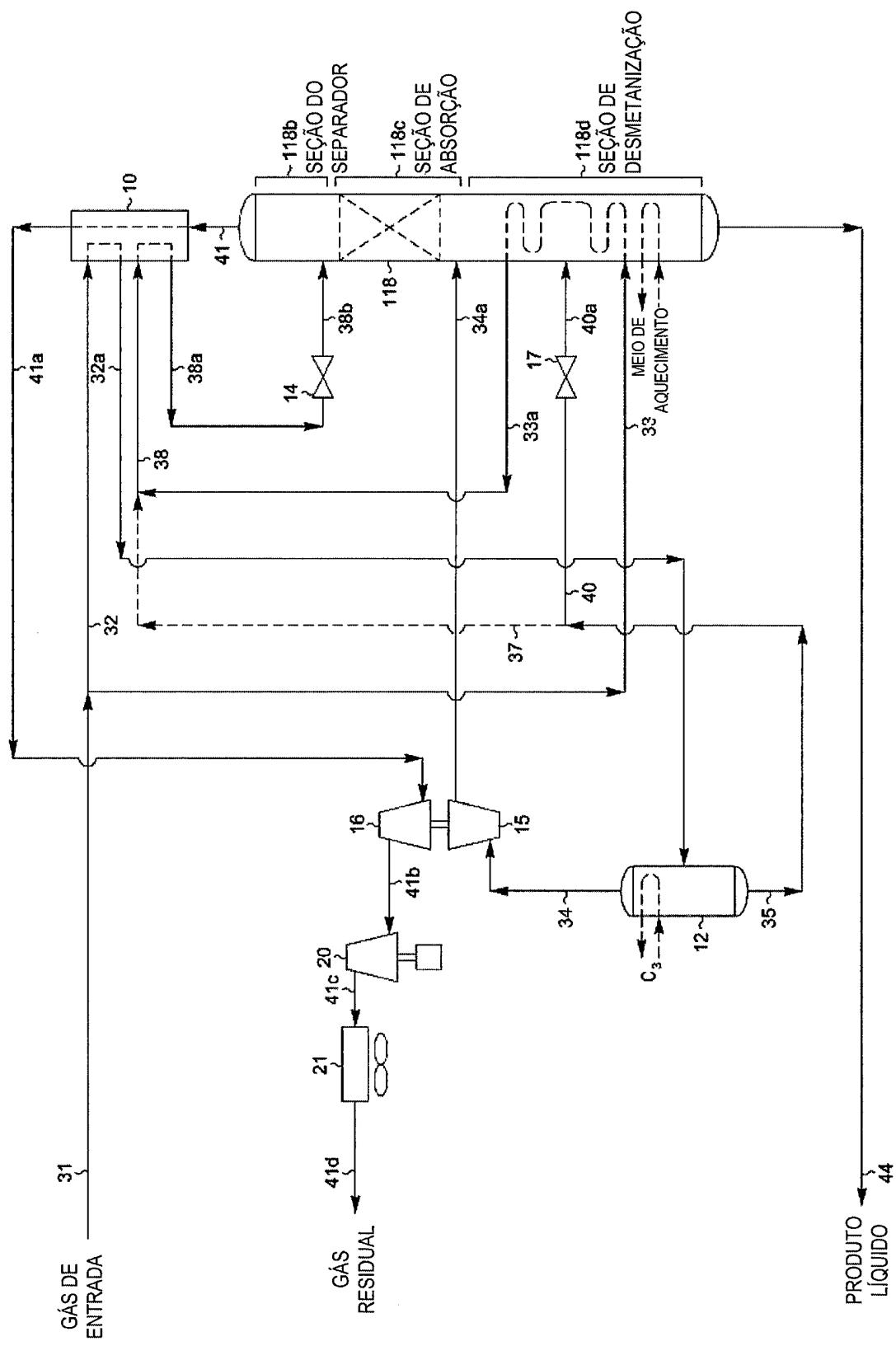


FIG. 17