



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

(11) PI 1106803-5 B1

(22) Data do Depósito: 13/10/2011

(45) Data de Concessão: 17/03/2020



(54) Título: PROCESSO DE OBTENÇÃO DE ÁCIDO ACÉTICO A PARTIR DE ETANOL

(51) Int.Cl.: C07C 51/235; B01J 23/44; B01J 21/04; B01J 21/06; B01J 21/08; (...).

(52) CPC: C07C 51/235; B01J 23/44; B01J 21/04; B01J 21/066; B01J 21/08; (...).

(73) Titular(es): PETROLEO BRASILEIRO S.A. - PETROBRAS; INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGIA.

(72) Inventor(es): CARLOS RENÉ KLOTZ RABELLO; MARLITO GOMES JUNIOR; BERNARDO GALVÃO SIQUEIRA; RAPHAEL BEZERRA DE MENEZES; LÚCIA GORENSTIN APPEL; ALEXANDRE BARROS GASPAR; SONIA LETICHEVSKY; PRISCILA DA COSTA ZONETTI.

(57) Resumo: PROCESSO DE OBTENÇÃO DE ÁCIDO ACÉTICO A PARTIR DE ETANOL. Processo de obtenção de ácido acético a partir de etanol por oxidação em uma única etapa, usando-se composição catalítica a base de óxido de paládio, suportando em sílica, alumina ou preferentemente zircônia, em condições de temperatura entre 100°C e 300°C, pressão entre 1 bar e 20 bar e velocidade espacial entre 20.000h⁻¹ e 80.000h⁻¹.

PROCESSO DE OBTENÇÃO DE ÁCIDO ACÉTICO A PARTIR DE ETANOL

CAMPO DA INVENÇÃO

A presente invenção pertence ao campo dos processos de obtenção de ácidos carboxílicos a partir de alcoóis, particularmente os processos de obtenção de ácido acético a partir de etanol, através de oxidação em uma única etapa.

FUNDAMENTOS DA INVENÇÃO

O ácido acético é um importante intermediário químico. Através dele sintetizam-se diversas substâncias empregadas em diferentes setores industriais, como: têxtil, farmacêutico, de tintas e vernizes, alimentício, etc. Produz-se o ácido acético comercialmente a partir de diferentes matérias-primas, como metanol, etanol e butano, entre outras, empregando-se processos variados, como por exemplo, a oxidação do acetaldeído, a oxidação em fase líquida de hidrocarbonetos leves e a carbonilação do metanol, sendo essa última a tecnologia mais empregada.

O processo de carbonilação do metanol emprega altas pressões e é conduzido em fase líquida com catalisador homogêneo. A recuperação do catalisador e os custos de operação são elevados. O metanol empregado, geralmente, é obtido a partir do gás de síntese, uma matéria-prima não renovável, que por sua vez é obtido a partir da reforma do gás natural (CH_4).

Por outro lado, a produção de ácido acético a partir de derivados de biomassa refere-se à geração de ácido acético a partir do etanol, através de processos não fermentativos. Estes processos tradicionalmente compreendem duas etapas: na primeira gera-se acetaldeído via reação de desidrogenação ou oxidação do etanol; na segunda o aldeído obtido é oxidado a ácido acético. A formação de acetaldeído ocorre em fase gasosa utilizando-se um catalisador à base de cobre, quando a rota desidrogenativa é considerada, ou catalisadores de prata, no caso da rota

oxidativa. Na segunda etapa o acetaldeído é oxidado a ácido acético com catalisadores de cobalto e/ou manganês, em fase líquida e sob pressão. Uma desvantagem deste método é a utilização de dois reatores, o que impacta nos custos de produção e investimento, e o fato da segunda
5 reação estar associada à catálise homogênea, onde a difícil recuperação do catalisador também leva ao aumento dos custos de produção.

A patente US 5,770,761 ensina um processo de oxidação de etanol em fase líquida e sob pressão. Durante a reação formam-se acetato de etila, ácido acético, acetaldeído e água.

10 O sistema catalítico compreende um catalisador de paládio em suporte de co-polímero hidrofóbico estireno-divinilbenzeno (SDB). Os rendimentos em acetato de etila e ácido acético atingiram 22% e 12%, respectivamente.

A patente US 5,840,971 apresenta um sistema catalítico a base de
15 vanádio, titânio e oxigênio, comumente utilizados na oxidação do etanol para produzir ácido acético. As condições operacionais empregadas foram: percentagem molar da alimentação dos reagentes no reator, etanol/O₂/H₂O/N₂ = 2,5 / 3,0 / 5,0 / 89,5; temperatura e pressão de reação, 200°C e 1,7 bar, respectivamente; velocidade espacial, 3.200 h⁻¹. A
20 conversão de etanol nestas condições é de 92% e as seletividades para ácido acético e produtos de combustão 97% e 3%, respectivamente.

O documento de patente C 1,305,180 refere-se a produção de ácido acético a partir da reação de oxidação do etanol, utilizando um sistema catalítico que compreende um catalisador óxido contendo os metais
25 molibdênio e vanádio, sozinhos ou com pelo menos mais um outro metal. Investigou-se o comportamento catalítico de uma mistura de óxidos Mo_{0,69} / V_{0,25} / Nb_{0,06} (4 g) e Sn_{0,7} / Mo_{0,3} (2 g). O etanol foi alimentado a 50% em peso de solução aquosa, a 0,4 mL.h⁻¹, passando por um pré-aquecedor a 255°C antes da entrada no reator. Simultaneamente, eram
30 alimentados 7% em volume de O₂, 7% em volume de N₂ e 86% em volume

de He. Os valores de velocidade espacial utilizados compreendiam a faixa entre 200 h^{-1} e 3.000 h^{-1} . O etanol foi completamente convertido e a seletividade para ácido acético foi de 62%. A presença de etano nestas condições melhora a seletividade em ácido + eteno.

5 O pedido de patente BR PI 8901776 ensina a síntese de um catalisador de paládio suportado, com teor entre 0,5% e 5%, que permite obter ácido acético a partir da reação de oxidação do etanol. Utilizou-se como suporte a α -alumina e após a impregnação adotaram-se dois métodos de tratamento térmico.

10 No primeiro utilizou-se uma oxidação na faixa de temperatura compreendida entre 400°C e 500°C e no segundo uma redução com hidrogênio a temperaturas de 100°C , 200°C , 300°C e 420°C . As condições de reação usadas foram: temperatura entre 120°C e 300°C , pressão atmosférica, velocidade espacial de 7.100 h^{-1} e relação molar etanol/ar
15 entre 0,02 e 0,05. Os resultados mostraram que o catalisador é mais estável após a redução e que apresenta boa seletividade para ácido acético, cerca de 70%.

A patente WO 00/61535 refere-se à produção de ácido acético ou uma mistura de ácido acético e acetato de etila a partir da oxidação do
20 etanol com oxigênio. Nestes sistemas utilizam-se catalisadores à base de paládio com promotores (Se, Te, Sb, Cr, Au, Mn e Zn) para a produção de ácido acético e as seguintes condições operacionais: temperatura reacional de 160°C ; pressão de 0,8 MPa; velocidade espacial de 4400 h^{-1} ; mistura de etanol, oxigênio, água e nitrogênio com razão molar de
25 2,5 / 6 / 25 / 66,5, respectivamente. A presença de promotores melhora o desempenho do catalisador de Pd, principalmente em presença de água no meio reacional.

De uma forma geral, a seletividade dos processos de obtenção de ácido acético em uma etapa depende da concentração de etanol, da
30 velocidade espacial horária e da temperatura.

DISTINÇÃO DO ESTADO DA TÉCNICA

A patente US 5,770,761 mostra um processo em fase líquida cujas principais desvantagens em relação ao processo em fase gasosa são a separação entre o catalisador e os produtos obtidos durante a reação e o
5 baixo rendimento em ácido.

As patentes US 5,840,971, C 1,305,180 e WO 00/61535 mostram a presença de quantidades significativas de água no meio reacional. Além disso, nessas patentes emprega-se um gás inerte (N_2 ou He) de forma a viabilizar a operação com baixa concentração de O_2 . Ambos os
10 procedimentos resultam em aumento do tamanho do reator e/ou uso de insumos adicionais.

A patente WO 00/61535 também ensina que a presença de diversos promotores torna mais complexa a preparação dos catalisadores a base de paládio. Vale comentar que as patentes WO 00/61535 e PI 8901776
15 propõem uma etapa de redução antes da reação dos catalisadores de paládio. Vale também destacar que as velocidades espaciais das patentes descritas são bem menores que a faixa empregada pelo sistema ora proposto. Todas estas questões abordadas resultam em aumento dos custos de investimento e de produção na geração de ácido acético.

20 Empregando-se o processo da presente invenção produz-se ácido acético a partir de fonte renovável, ou seja, a partir de etanol, em uma única etapa reacional e em condições de operação brandas. A presente invenção provê um método simples e eficaz de preparação de uma composição catalítica a base de óxido de paládio (PdO) suportado, e
25 ensina um processo de obtenção de ácido acético, em uma única etapa, usando como reagentes etanol e ar em presença da dita composição catalítica. As vantagens dessa inovação sobre as do estado da técnica são o uso de um catalisador a base de metal nobre suportado de fácil preparação e sem o uso de promotores, a não adição de água e/ou inertes
30 ao meio reacional, o não emprego da etapa de redução do catalisador, o

uso de suportes comerciais no preparo do catalisador e, finalmente, o emprego de altas velocidades espaciais.

SUMÁRIO DA INVENÇÃO

A presente invenção trata de um processo para obtenção de ácido acético a partir de etanol em uma única etapa reacional e condições de operação brandas em que uma mistura de corrente de ar e corrente de etanol atravessa um reator de leito catalítico, preferentemente um reator de leito fixo. O catalisador, que, junto com o suporte, constitui uma composição catalítica, compreende paládio, tipicamente óxido de paládio, suportado em pelo menos um dos suportes seguintes: sílica, alfa-alumina, gama-alumina, zircônia monoclinica, zircônia tetragonal. O suporte preferido é a zircônia monoclinica. A temperatura de reação está entre 100°C e 300°C, a pressão está entre 1 bar e 20 bar e a velocidade espacial está entre 20.000h⁻¹ e 80.000h⁻¹. O catalisador usa como precursor de paládio um sal de paládio, tal como Pd(NO₃)₂ e Pd(NH₃)₄Cl₂, que se decompõe formando PdO.

Preferentemente, o teor de paládio se situa entre 0,1% p/p e 5,0% p/p, a temperatura entre 165°C e 225°C a pressão de operação entre 1 bar e 5 bar, a velocidade espacial entre 45.000h⁻¹ e 65.000h⁻¹ e o percentual de etanol na mistura estar entre 1% e 20%, mais preferentemente entre 2% e 15%.

DESCRIÇÃO DETALHADA DA INVENÇÃO

O processo da presente invenção envolve o uso de uma corrente gasosa, que compreende oxigênio puro ou diluído, preferencialmente uma corrente de ar, e outra corrente de vapor de um álcool, preferencialmente o etanol, utilizando um reator de leito fixo, porém não limitado a este tipo de reator. A admissão do álcool é feita através de uma bomba dosadora associada a um vaporizador e o ar é alimentado por intermédio de um soprador ou compressor. As duas correntes atravessam um leito reacional, que é o leito catalítico onde ocorre a reação de oxidação do álcool.

Em uma modalidade preferencial da presente invenção, o sistema reacional relativo ao processo de oxidação do etanol a ácido acético, em uma única etapa, envolve a geração de acetaldeído via oxidação desidrogenativa. Este aldeído pode desorver do leito catalítico como subproduto ou ser oxidado a ácido acético. Este ácido pode também desorver como produto da reação ou ser oxidado a gás carbônico. Outra possibilidade é o acetaldeído reagir com o etanol resultando acetato de etila.

Os catalisadores empregados na obtenção de ácido acético contêm um metal nobre, como por exemplo, a platina, o rutênio, o paládio, o ródio ou o irídio, preferencialmente o paládio. Alternativamente, utiliza-se uma combinação desses metais. O precursor de paládio empregado pode ser o $\text{Pd}(\text{NO}_3)_2$, $\text{Pd}(\text{NH}_3)_4\text{Cl}_2$, ou qualquer outro composto de paládio que se decomponha formando PdO . Outros precursores devem ser considerados no caso dos demais metais. O teor de metal nobre varia numa faixa entre 0,01% e 5%. Os suportes utilizados são a sílica, a α -alumina, a Y-alumina, a zircônia monoclinica, a zircônia tetragonal e outros óxidos, preferencialmente a zircônia monoclinica. Tais catalisadores podem ser preparados pelos métodos convencionais, tais como impregnação úmida, impregnação a seco, troca iônica e co-precipitação, entre outros, seguidos das etapas de secagem e calcinação.

As condições reacionais usuais em que o processo ocorre são as seguintes: a temperatura de reação deve estar numa faixa entre 50°C e 300°C, preferivelmente entre 165°C e 225°C, com pressão numa faixa entre 1 bar a 20 bar. O percentual de etanol na mistura deve estar entre 1% e 20%, preferivelmente entre 2% e 15%. O valor da velocidade espacial deve se situar entre cerca de 10.000h^{-1} e 200.000h^{-1} . Podem ser empregados neste processo o etanol anidro ou o hidratado.

EXEMPLOS

Os exemplos a seguir descrevem a invenção em questão, sendo

demonstrados de maneira ilustrativa e não limitando, portanto, o escopo da invenção.

Exemplo 1

Preparação de catalisadores de paládio (0,65%) suportado em zircônia monoclinica pelo método de impregnação a seco.

A preparação do catalisador a base de paládio suportado em zircônia monoclinica ($m\text{-ZrO}_2$) pelo método de impregnação a seco foi feita utilizando-se como sal precursor $\text{Pd}(\text{NO}_3)_2$ e como suporte uma zircônia monoclinica comercial. O catalisador foi sintetizado de forma a se obter um teor de paládio de 0,65% p/p. Após a impregnação, o material foi seco e calcinado seguindo uma taxa de aquecimento de $0,5^\circ\text{C min}^{-1}$ até 250°C e de $10^\circ\text{C min}^{-1}$ de 250°C até 400°C . Em seguida, o catalisador foi mantido na temperatura de 400°C por 10 horas sob fluxo de 60 mLmin^{-1} de ar sintético.

Exemplo 2

Preparação de catalisadores de paládio (2,0%) suportado em zircônia monoclinica pelo método de impregnação a seco.

Este catalisador foi sintetizado de forma a se obter um teor de paládio de 2,0% p/p. A preparação do catalisador a base de paládio suportado em zircônia monoclinica ($m\text{-ZrO}_2$) pelo método de impregnação a seco foi conduzida utilizando-se como sal precursor $\text{Pd}(\text{NO}_3)_2$ e como suporte uma zircônia monoclinica comercial. Utilizaram-se as mesmas condições de secagem e calcinação do Exemplo 1.

Exemplo 3

Preparação de catalisadores de paládio suportados em zircônia monoclinica pelo método de troca iônica.

Realizou-se a preparação do catalisador a base de paládio suportado em zircônia monoclinica pelo método de troca iônica, ($m\text{-ZrO}_2$) utilizando-se como sal precursor $\text{Pd}(\text{NH}_4)_4\text{Cl}_2$ e como suporte uma zircônia monoclinica comercial. Adicionou-se a zircônia monoclinica a 100 mL de

solução aquosa contendo 42 mL de NH_4OH (25% v/v). Esta suspensão foi mantida em agitação magnética por 24 horas para a ativação da m- ZrO_2 . 0,12 g de $\text{Pd}(\text{NH}_3)_4\text{Cl}_2$ foi adicionado a 480 mL de uma solução aquosa contendo 200 mL de NH_4OH (25% v/v). A solução contendo o sal de paládio foi misturada à suspensão previamente preparada contendo o suporte. O valor inicial do pH desta mistura era 11. Esta suspensão permaneceu em agitação magnética por 72 horas a temperatura ambiente. Posteriormente, foi conduzida uma lavagem para neutralizar o pH da amostra que foi, então, seca em estufa por 24 horas e, finalmente, calcinada a 400°C , com taxa de aquecimento de 10°Cmin^{-1} , durante 6 horas sob fluxo de ar sintético de 60 mLmin^{-1} . O teor de Pd deste catalisador foi 0,65% p/p.

Exemplo 4

Preparação de catalisadores de paládio suportados em zircônia tetragonal.

O catalisador de paládio suportado em zircônia tetragonal foi preparado como no Exemplo 1, utilizando o método de impregnação a seco e as mesmas condições de secagem e calcinação. Foi utilizada uma zircônia tetragonal (t- ZrO_2) e o sal precursor de paládio, o $\text{Pd}(\text{NO}_3)_2$. O teor de Pd deste catalisador foi 0,65% p/p.

Exemplo 5

Preparação de catalisadores de paládio suportados em zircônia sintetizada em laboratório.

Primeiramente, sintetizou-se a zircônia (s- ZrO_2) em laboratório pelo método de precipitação. A preparação consistiu em adicionar, abruptamente, 37 mL de $\text{ZrO}(\text{NO}_3)_2$ a 470 mL de NH_4OH (25% v/v). Após a filtração do precipitado branco obtido, foi conduzida a lavagem do mesmo até a neutralização do pH. O sólido obtido foi diretamente calcinado a 400°C por 4 horas, seguindo uma taxa de aquecimento de $10^\circ\text{C min}^{-1}$, sob fluxo de ar sintético de 60 mLmin^{-1} . Em seguida, o

catalisador de paládio suportado em zircônia sintetizada no laboratório foi preparado como no Exemplo 1, utilizando o método de impregnação a seco e as mesmas condições de secagem e calcinação. O sal precursor de paládio utilizado foi $\text{Pd}(\text{NO}_3)_2$. O teor de Pd deste catalisador foi 0,65% p/p.

Exemplo 6

Preparação de catalisadores de paládio suportados em $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$.

Para a síntese do suporte $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$, inicialmente, preparou-se uma solução aquosa adicionando-se 74 g de $\text{Al}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ a 105 mL de água destilada. Posteriormente, foi agregada a uréia com agitação magnética até alcançar a razão molar $\text{Al}^{3+}/\text{CON}_2\text{H}_4$ de 1/13, ou seja, 153 g de uréia. Esta solução foi mantida sob agitação por 1 hora à temperatura ambiente e, posteriormente, filtrada num filtro Millipore de 0,45 μm . A solução filtrada foi aquecida a 90°C por 12 horas. O pH da solução, que inicialmente era igual a 2,0, atingiu após este aquecimento o valor 8,0 concomitantemente com a formação de um gel transparente. Este gel foi seco a 90°C e, então, pré-calcinado a 300°C por 25 min para eliminação da uréia e do nitrato. Finalmente, após resfriamento até a temperatura ambiente, o material obtido foi calcinado a 1200°C sob taxa de aquecimento de 10°C min⁻¹ durante 3 horas. Em seguida, o catalisador de paládio suportado em $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ foi preparado como no Exemplo 1, utilizando o método de impregnação a seco e as mesmas condições de secagem e calcinação. O sal precursor de paládio utilizado foi $\text{Pd}(\text{NO}_3)_2$.

Exemplo 7

Teste catalítico. Uma mistura física do catalisador PdO/m-ZrO_2 (Exemplo 1) e carbeto de silício (diluyente) foi introduzida em um micro-reator em forma de “U”. Antes da reação, o sistema foi submetido a um pré-tratamento a 200°C sob fluxo de ar sintético, e vazão de 20 mLmin⁻¹ permanecendo nesta temperatura por 2 horas. Em seguida, o leito catalítico foi resfriado a temperatura de reação. Após o tratamento, a

mistura gasosa etanol/ar foi introduzida no micro-reator a uma vazão total de 20 mLmin⁻¹.

As condições operacionais e as quantidades de catalisador e diluente são apresentadas a seguir:

- 5 Catalisador = 25 mg;
 Diluente = 100 mg;
 Concentração de etanol = 3% v/v;
 P = 1 atm;
 Temperatura de reação = 100°C - 250°C.

- 10 Os resultados obtidos são apresentados na Tabela 1.

Exemplo 8

- Teste catalítico. O catalisador de paládio sobre zircônia monoclinica com teor de 2,0% de Pd (Exemplo 2) foi pesado, misturado ao diluente e introduzido num micro-reator de vidro em forma de U, sendo, então,
15 submetido ao mesmo procedimento de pré-tratamento e as mesmas condições reacionais descritas no Exemplo 7.

 Os resultados obtidos são apresentados na Tabela 1.

Exemplo 9

- Teste catalítico. O catalisador de paládio sobre zircônia monoclinica
20 preparado pelo método de troca iônica (Exemplo 3) foi pesado, misturado ao diluente e introduzido num micro-reator de vidro em forma de U, sendo, então, submetido ao mesmo procedimento de pré-tratamento e as mesmas condições reacionais descritas no Exemplo 7.

 Os resultados obtidos são apresentados na Tabela 1.

- 25 Exemplo 10

- Teste catalítico. O catalisador de paládio sobre zircônia tetragonal (Exemplo 4) foi pesado, misturado ao diluente e introduzido num micro-reator de vidro em forma de U, sendo, então, submetido ao mesmo procedimento de pré-tratamento e as mesmas condições reacionais
30 descritas no Exemplo 7.

Os resultados obtidos são apresentados na Tabela 1.

Exemplo 11

5 Teste catalítico. O catalisador de paládio sobre zircônia sintetizada em laboratório (Exemplo 5) foi pesado, misturado ao diluente e introduzido num micro-reator de vidro em forma de U, sendo, então, submetido ao mesmo procedimento de pré-tratamento e as mesmas condições reacionais descritas no Exemplo 7.

Os resultados obtidos são apresentados na Tabela 1.

Exemplo 12

10 Teste catalítico. O catalisador de paládio sobre $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ (Exemplo 6) foi pesado, misturado ao diluente e introduzido num micro-reator de vidro em forma de U, sendo, então, submetido ao mesmo procedimento de pré-tratamento e as mesmas condições reacionais descritas no Exemplo 7.

Os resultados obtidos são apresentados na Tabela 1.

<u>TABELA 1</u>							
Resultados dos catalisadores utilizados nos exemplos							
Catalisador	Tempe- ratura do Reator [°C]	Seletividade para					Rendi- mento de Ácido Acético [%]
		CO ₂ [%]	CH ₄ [%]	Acetaldeído [%]	Acetato de Etila [%]	Ácido Acético [%]	
Exemplo 7	175	19	6	2	3	71	65
	200	60	7	2	1	30	30
Exemplo 8	175	13	5	2	3	77	71
	200	49	7	1	2	41	40
Exemplo 9	175	8	4	32	33	23	8
	200	12	5	22	27	35	18
Exemplo 10	175	10	4	31	21	34	16
	200	17	2	28	8	44	35

Exemplo 11	175	11	4	26	30	29	12
	200	16	4	4	9	66	53
Exemplo 12	175	16	8	19	14	44	32
	200	17	6	18	7	52	46

Reivindicações

1. PROCESSO PARA OBTENÇÃO DE ÁCIDO ACÉTICO A PARTIR DE ETANOL, em uma única etapa reacional e condições de operação brandas, caracterizado por:

- i. uma mistura de corrente de ar e corrente de etanol atravessar um reator de leito catalítico, com um catalisador de óxido de paládio suportado em zircônia monoclinica, constituindo uma composição catalítica, a qual é obtida pelo método de impregnação a seco utilizando como precursor de paládio um sal que se decompõe formando óxido de paládio, sendo este o $\text{Pd}(\text{NO}_3)_2$;
- ii. a temperatura de reação estar entre 100°C e 300°C, a pressão está entre 1 bar e 20 bar e a velocidade espacial está entre 20.000 h⁻¹ e 80.000 h⁻¹.

2. PROCESSO PARA OBTENÇÃO DE ÁCIDO ACÉTICO A PARTIR DE ETANOL, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo teor de paládio se situar entre 0,1%p/p e 5,0%p/p.

3. PROCESSO PARA OBTENÇÃO DE ÁCIDO ACÉTICO A PARTIR DE ETANOL, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pela temperatura estar preferencialmente entre 165°C e 225°C.

4. PROCESSO PARA OBTENÇÃO DE ÁCIDO ACÉTICO A PARTIR DE ETANOL, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pela pressão de operação estar preferencialmente entre 1 bar e 5 bar.

5. PROCESSO PARA OBTENÇÃO DE ÁCIDO ACÉTICO A PARTIR DE ETANOL, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pela velocidade espacial estar preferivelmente entre 45.000 h⁻¹ e 65.000 h⁻¹.

6. PROCESSO PARA OBTENÇÃO DE ÁCIDO ACÉTICO A PARTIR DE ETANOL, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo percentual de etanol na mistura estar entre 1% e 20% v/v.

7. PROCESSO PARA OBTENÇÃO DE ÁCIDO ACÉTICO A PARTIR DE ETANOL, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo percentual de etanol na mistura estar entre 2% e 15% v/v.