

COMPARAÇÃO DE DOIS TIPOS DE IMPELIDORES PARA DIMENSIONAMENTO DE UM TANQUE DE AGITAÇÃO DE BANCADA PARA PRODUÇÃO DE ÁLCOOL EM GEL

AUTOR

Líria Rodrigues BINI

Discente do Curso de Engenharia Química - UNILAGO

Maria Angélica Marques PEDRO

Amarildo de Marchi LOPES

Docente do Curso de Engenharia Química – UNILAGO

RESUMO

O álcool em gel é uma substância antisséptica, utilizado para inibir e/ou exterminar bactérias, vírus e fungos que causam doenças infectocontagiosas. Devido o surgimento do novo vírus, COVID0-19, houve um aumento da produção de álcool em gel com a concentração de 70°GL, e assim as empresas passaram a produzir maior demanda devido ao aumento pela procura do produto. A produção é feita por um tanque de agitação que é um equipamento de grande importância na indústria química, bioquímica e de alimentos cuja finalidade é misturar as matérias-primas transformando-as em um produto homogêneo. A agitação é feita por um impelidor de fluídos que se encontra no eixo central do tanque. No mercado existem diversos tipos de impelidores que se difere entre si dependendo o tipo de viscosidade do fluído. O presente trabalho teve por objetivo comparar dois tipos de impulsores para o dimensionamento de um tanque de agitação de bancada para a produção de 10 L de álcool em gel 70°GL. Verificou um nível de agitação maior para o impulsor tipo Hélice marinha quando comparado com a turbina, portanto, este impulsor, com frequência de 1150 rpm, para a produção de 10 L de álcool em gel foi o mais adequado para o processo.

PALAVRAS - CHAVE

Impelidores; Tanque de mistura; Álcool em gel.

1 INTRODUÇÃO

O álcool em gel 70°GL é um produto recentemente desenvolvido e de grande demanda social, principalmente na área da saúde. Sua aplicação é para inibir e/ou exterminar bactérias, vírus e fungos que causam doenças infectocontagiosas. Segundo o Ministério da Saúde o álcool em gel 70°GL atua como um excelente fator antisséptico sobre bactérias vegetativas, inclusive microbactérias como fungos e vírus sendo sua higienização igual ou maior à lavagem das mãos com sabão (GUERRA, 2020).

A pouco mais de um ano, vivemos uma pandemia global causada pelo vírus covid-19, denominado coronavírus, que tem causado grandes preocupações aos órgãos governamentais e de saúde, quanto a sua contenção. A Sociedade Brasileira de Pneumologia e Tisiologia afirmou que o uso de álcool em gel 70°GL é uma das formas de prevenção, além disso, a população deve fazer uso obrigatório de máscara e lavar frequentemente as mãos com sabão para inibir o vírus (SOCIEDADE BRASILEIRA DE PNEUMOLOGIA E TISIOLOGIA, 2020).

Na produção de álcool em gel antisséptico tradicional, usa-se o etanol líquido neutro de uso farmacêutico especificado pela Agência de Vigilância Sanitária (ANVISA) com graduação alcoólica, variando entre 96°GL a 97°GL, podendo o álcool ser oriundo de cana-de-açúcar ou de cereais (QUEIROZ, 2013). Empresas farmacêuticas e industriais de produtos saneantes compram o etanol das usinas e são responsáveis pela fabricação do álcool em gel. Para a produção e comercialização desse produto as empresas devem ter a autorização da ANVISA conforme resolução nº 46 de 20 de fevereiro de 2002 (BRASIL, 2002) e Resolução e nº 42, de 25 de outubro de 2010.

O processo industrial utilizado para a produção de álcool em gel é realizado em batelada por meio de tanques de agitação, onde o etanol é misturado com matérias-primas de origem orgânica como polímeros e estabilizantes para obtenção das características desejadas. O projeto adequado de tanques de agitação é fundamental para que o produto final seja de qualidade, pois, permite a dissolução de misturas líquidas miscíveis, as dissoluções sólidas, mistura de líquidos imiscíveis, além de auxiliar na transferência de calor e massa, sendo também capaz de acelerar as reações químicas (BARBOSA, 2004). Devido a importância da produção do álcool em gel nesse momento, o objetivo deste trabalho foi projetar uma taque de agitação para a produção de 10 L de álcool em gel.

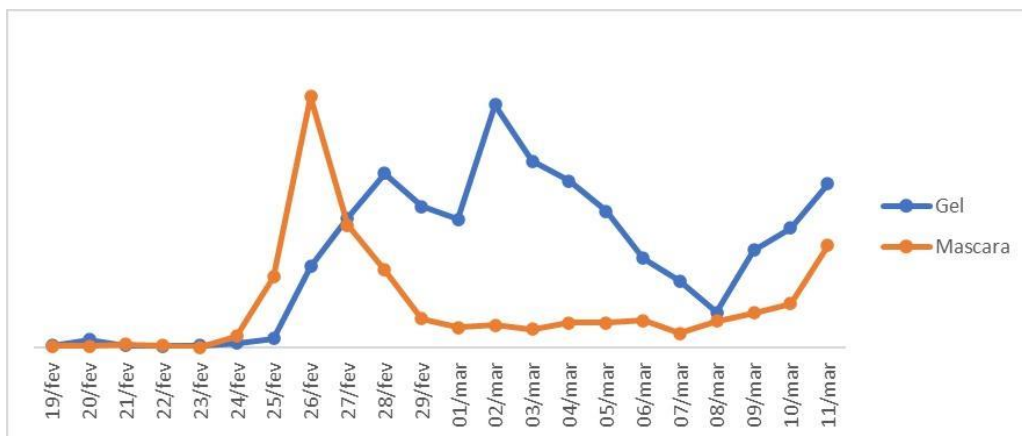
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Demanda nacional de álcool em gel

Segundo dados apontados pela revista eletrônica E-COMMERCE BRASIL (2020) de uma comparação entre os produtos mais comprados nos anos de 2019 e 2020, mostra que o gel antisséptico (álcool em gel) teve aumento de 4.261 %, seguido de materiais de limpeza (2.520 %), lente de contato e acessórios (907 %), termômetros (774 %), nebulizador e inalador (621%), no período de fevereiro a março de cada ano.

No início da pandemia a demanda por álcool em gel no mercado começou a crescer. A Figura 1 apresenta o crescimento na procura de álcool em gel entre 19 de fevereiro e 11 de março de 2020.

Figura 1 - Procura por álcool em gel no mercado.



Fonte: <https://diariodonordeste.verdesmares.com.br/negocios/site-revela-aumento-de-158-na-procura-por-alcool-gel-1.2222047>, 2021.

Somente no início de 2021, a demanda nacional de álcool em gel cresceu 1700 %, devido as novas variantes de covid-19 que são transmitidas mais facilmente. Só na primeira semana de março de 2021 a produção chegou a 2,16 milhões de frascos contra a fabricação média de 120 mil embalagens em janeiro. O item é artigo de luxo e desapareceu das prateleiras de redes de farmácias e supermercados (ÉPOCA, 2020).

O álcool em gel é um produto capaz de diminuir a presença e propagação de microrganismos que são capazes de transmitir várias doenças por meio do contato das mãos. Por esta razão sua utilização é frequente nas unidades de saúde tendo um grau alcoólico de 70 °GL segundo o Instituto Nacional de Pesos e Medidas - INPM (GUERRA, 2020).

A ANVISA na Resolução nº 46, de 20 de fevereiro de 2002, visando atender aos padrões necessários para o uso deste produto, regulamentou que a comercialização do álcool etílico neutro deve conter uma graduação alcoólica acima de 54° GL e ter uma temperatura de 20 °C sendo sua venda realizada unicamente em solução coloidal na forma de gel desnaturado e seu volume deve ser de no máximo 500g em embalagens que sejam resistentes a impactos (BRASIL, 2002).

2.3 Álcool em gel a partir do etanol

O etanol é a principal matéria-prima na fabricação do álcool em gel, pois atua como um excelente fator antisséptico sobre bactérias, na forma vegetativa, inclusive microbactérias como fungos e vírus. A graduação alcoólica do etanol deve atender as exigências da ANVISA, entre 96 e 97°GL e é caracterizado por ser um líquido incolor e possuir odor característico. Ele é um composto orgânico identificado por possuir em sua estrutura o radical (-OH) ligado ao átomo de carbono de formulação molecular C_2H_5OH (MULLER, 2013).

Devido ao elevado grau de pureza, o álcool etílico tem maior facilidade de evaporar, ou seja, quando aplicado, permanece um tempo muito menor na superfície, não agindo corretamente na inibição de patógenos e contaminantes. Para que o tempo de permanência aumente, o grau alcoólico deve ser reduzido para 70°GL, através da adição de água (FOGAÇA, 2021), que deve ser isenta de qualquer contaminante ou patógeno, podendo até mesmo ser purificada em processo de osmose reversa (MEDEIROS, 2020).

Além do álcool etílico, é empregado o carbômero, denominado carbopol, que é um polímero hidrossolúvel tipo pó, de coloração branca, e fórmula molecular $(CH_3CH_2)_nCOOH$. Atua como um formador de gel, utilizado para estabilizar emulsões, dar viscosidade as soluções e suspender ingredientes não solúveis. Podem ser encontrados no mercado diferentes tipos de carbopol, que são designados por um número que se refere ao

tamanho da partícula polimérica. Os mais utilizados por indústrias farmacêuticas são o Carbopol 934 e o Carbopol 940 (ACOFARMA, 2021).

Existem outros polímeros utilizados para espessar o álcool para fabricação do gel como: Carboximetilcelulose (CMC) e Hidroxietilcelulose (HEC) que formam géis com viscosidade inferior ao carbopol. Para elevação da viscosidade nesse tipo de produto, se faz necessário o emprego de espessantes inorgânicos como, por exemplo, hidróxido de sódio e cloreto de sódio (LINHARES, 2021).

A Farmacopeia Brasileira (BRASIL, 2012) recomenda o uso de 0,5% do carbômero, como espessante, na produção de álcool em gel. Recentemente a Associação Brasileira da Indústria de Higiene Pessoal, Perfumaria e Cosméticos (Abihpec) afirmou que o Carbopol está em falta no mundo inteiro devido à grande demanda pelo uso desse polímero. Estudos realizados por Barzotto *et al.* (2020) relatam que a HEC é um polímero promissor para substituir o carbômero 940. Os autores produziram o álcool em gel a partir de uma formulação preparada a quente, na qual, em uma das fases, a água foi misturada com a HEC, e, em outra fase, o álcool etílico foi misturado com o conservante, sendo calculada a quantidade suficiente para se obter o álcool a 70% p/p. Concluíram que a formulação apresentou aspectos técnicos compatíveis com a do carbômero 940 (BARZOTTO *et al.*, 2020).

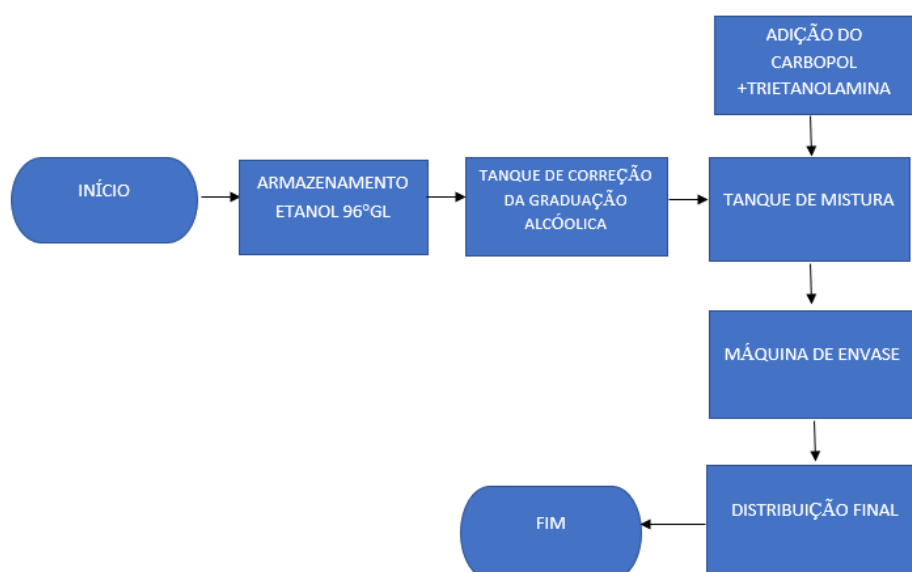
A estabilização do gel, varia de acordo com o pH da mistura que deve permanecer entre 6 e 7. Para que isso aconteça, emprega-se a Trietanolamina (TEA), que age como uma base fraca de formulação molecular $C_6H_{15}NO_3$. E por fim, para melhorar o aspecto e textura do álcool em gel, se utiliza o glicerol de formulação, $C_3H_8O_3$, que age como um umectante evitando o ressecamento das mãos (BARZOTTO *et al.*, 2020).

2.5 Produção do álcool em gel na indústria

A produção do álcool em gel é realizada de acordo com a Figura 2. O etanol com um teor de 96 °GL é descarregado na fábrica, armazenado em tanques e, posteriormente, impulsionado por uma bomba centrífuga, é levado por tubulações para tanques primários, onde é adicionada água e grau alcóolico de 96 é corrigido de 97 °GL para 70 °GL. Após a correção, o álcool vai para o tanque de mistura que deve ser feito de um material resistente a corrosão e que evite contaminações como o aço inoxidável. Nesta etapa, se adiciona o carbopol e a trietanolamina com auxílio de um dosador automático para a formação do gel e correção do pH do produto para sua melhor estabilização. O tempo da batelada de produção varia de acordo com a capacidade do tanque e a quantidade de mistura que está sendo produzida (FREITAS, 2020).

Ao término do tempo de mistura, o produto segue para a etapa de envase em uma máquina específica, onde o produto é embalado conforme as exigências requeridas pela ANVISA e segue para distribuição de vendas (ROZENFELD, 2000).

Figura 2 – Fluxograma do processo de fabricação do álcool em gel

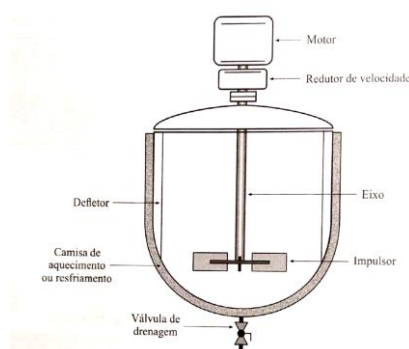


Fonte: Próprio autor, 2021.

2.6 Tanque de mistura

De acordo com Tadini *et al.* (2016) a agitação e a mistura são processos industriais comumente utilizados em processos químico, bioquímico ou de alimentos. A agitação de líquidos ocorre em tanques cilíndricos com um agitador acoplado, de acordo com a Figura 3. O impulsor ou agitador é instalado sobre um eixo e é acionado por um motor e um redutor de velocidade. A força gerada em um motor para o tanque de mistura faz com que o impulsor seja direcionado a movimentar e misturar as substâncias. Neste sistema, também podem ser acoplados defletores que tem a função de eliminar a formação de vórtice ao redor do eixo.

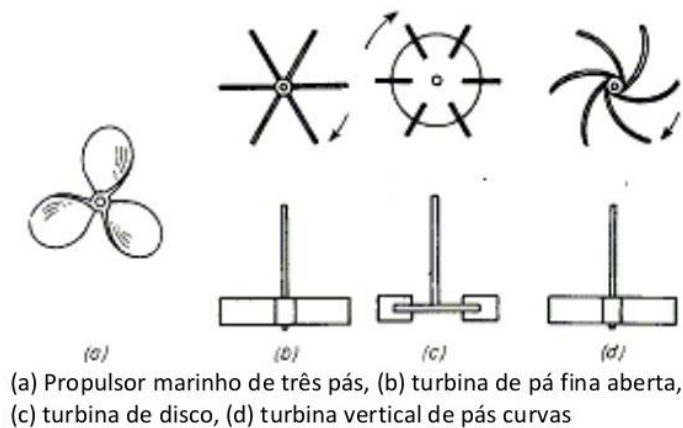
Figura 3 - Tanque de agitação



Fonte: Tadini *et al.*, 2016.

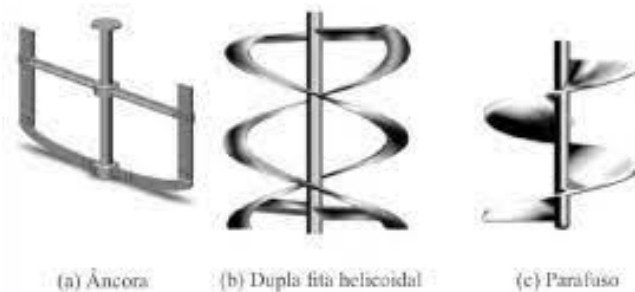
No mercado existem diversos tipos de impulsores, cada um é específico para cada aplicação. Líquidos com viscosidade de baixa e moderada viscosidade são utilizados os impelidores como turbinas e hélices como mostra a Figura 4 e líquidos com alta viscosidade utilizam-se impulsores de hélice e ancora, como mostra a Figura 5.

Figura 4 – Modelo de impulsores para líquidos de baixa e moderada viscosidade.



Fonte: McCabe, Smith e Harriott, 2001.

Figura 5 – Modelo de impulsores para líquidos com alta viscosidade.



Fonte: Tadine *et al.*, 2016.

3 METODOLOGIA

3.1 Etapas do dimensionamento

Segundo Tadini *et al.* (2016), o projeto de agitadores segue as seguintes etapas: seleção do tipo de impulsor, cálculo das dimensões geométricas, cálculo da frequência rotacional do impulsor e cálculo da potência requerida.

Considerou-se inicialmente a produção de 10 litros de álcool em gel 70° INPM com Carbopol 940. A faixa de densidade do álcool em gel comercializada no mercado brasileiro é 0,86 a 0,88 g/cm³. Neste trabalho foi adotada uma densidade média de 0,875 g/cm³. De acordo com a ANVISA, conforme consta na Resolução DC/ANVISA nº 322 de 22/11/2002, se a concentração de álcool for maior ou igual a 68% (p/p) a viscosidade dinâmica deve ser maior ou igual a 8.000 cP. Esse valor será adotada como parâmetro inicial para cálculo do impelidor (BRASIL, 2002).

3.2.1 Frequência da agitação do impelidor e viscosidade

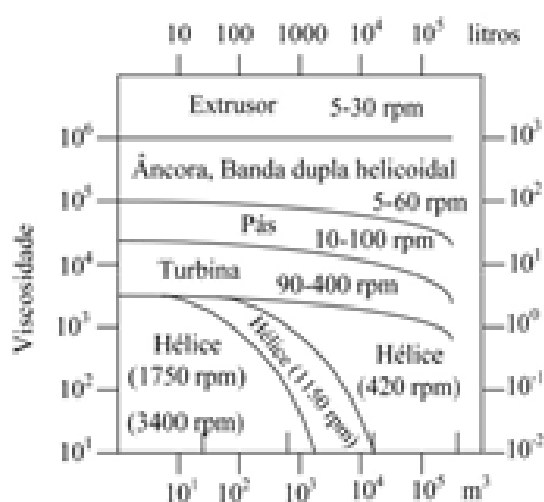
Segundo Correia *et al.* (2005) para as formulações dermocosméticas o comportamento de fluido pseudoplástico é o mais comum. Esses materiais têm sua viscosidade aparente diminuída ou aumentada gradualmente de acordo com a frequência de rotação do agitador, à medida que a tensão de cisalhamento varia. Por isso, sua viscosidade não pode ser limitada a um único número devendo analisar a Tabela 1 e a Figuras 6 para se determinar o tipo de impulsor e frequência de agitação coerente com a viscosidade empregada:

Tabela 1 - Tipos de impulsores de acordo com a faixa de viscosidade do líquido.

Tipo de impulsor	Intervalo de viscosidade	
	Viscosidade (centipoises)	kg/m.s
Âncora	$10^2 - 2 \times 10^3$	$10^{-1} - 2$
Hélice	$10^0 - 10^4$	$10^{-3} - 10^1$
Turbina	$10^0 - 3 \times 10^4$	$10^{-3} - 3 \times 10^1$
Pás	$10^2 - 3 \times 10^4$	$10^{-1} - 3 \times 10^1$
Parafuso helicoidal	$3 \times 10^3 - 3 \times 10^5$	$3 - 3 \times 10^2$
Banda dupla helicoidal	$10^4 - 2 \times 10^6$	$10^1 - 2 \times 10^3$
Extrusor	$> 10^6$	$> 10^3$

Fonte: https://www.unicamp.br/fea/ortega/aulas/aula14_Agitacao.pdf , 2021.

Figura 6 – Diagrama para escolha do tipo de impulsor



Fonte: https://www.unicamp.br/fea/ortega/aulas/aula14_Agitacao.pdf, 2021.

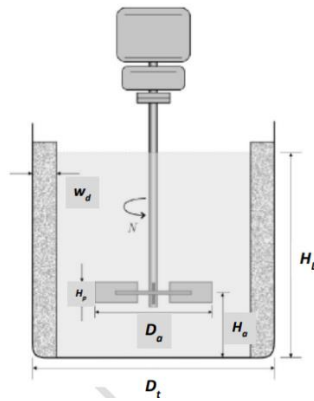
Através do valor da viscosidade de 8000 cP (80P) e do volume de 10 litros de álcool em gel produzido, foi possível escolher, através da Tabela 1 e Figura 6, o impelidor tipo turbina (400 rpm). Além disso, o impelidor tipo turbina é recomendado para a produção laboratorial do álcool em gel, visto que tem uma frequência rotacional média-baixa por ser uma produção em baixa escala e por trabalhar com uma larga faixa de viscosidade ($1 < \mu < 50.000$ cP), podendo também ser instalado um inversor de frequência, deixando o equipamento mais versátil.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Cálculo das dimensões geométricas

As variáveis envolvidas na agitação de um líquido em um tanque estão mostradas na Figura 7, onde cada variável possui uma potência fornecida.

Figura 7 - Dimensões características do tanque de agitação.



Fonte: Tadine *et al.*, 2016.

Onde: w_d = largura dos defletores; H_p = altura das pás; H_a = altura do agitador desde a base do tanque; H_L = altura do líquido; D_a = diâmetro do agitador; D_t = diâmetro do tanque; N = frequência rotacional do impulsor.

Considerando-se um tanque de agitação cilíndrico e as configurações geométricas padrão, as seguintes relações são válidas: (TADINI *et al.*, 2016):

$$\frac{D_t}{D_a} = 3 \quad \frac{H_a}{D_a} = 1 \quad \frac{H_L}{D_a} = 3 \quad \frac{w_d}{D_t} = 0,1$$

De acordo com as dimensões $H_L = D_t$, portanto:

$$V = \frac{\pi D^2}{4} H_L$$

Como $D = D_t$ e $H_L = D_t$, então:

$$V = \frac{\pi (H_L^2)}{4} H_L$$

$$H_L = \sqrt[3]{\frac{V * 4}{\pi}}$$

Como o projeto foi desenvolvido para produzir **10 L = 0,01 m³** de álcool gel, então:

$$H_L = \sqrt[3]{\frac{0,01 * 4}{\pi}} \rightarrow H_L = 0,23 \text{ m}$$

Assim adotando-se $D_t = H_L = 0,23 \text{ m}$ as outras dimensões serão:

$$\frac{D_a}{D_t} = 3 \rightarrow D_a = 0,08 \text{ m}$$

Se $H_a = D_a$, então, $H_a = 0,08 \text{ m}$

$$\text{Se } w_d = 0,1 * D_t \rightarrow w_d = 0,023 \text{ m}$$

4.2 Cálculo da potência requerida

A escolha dos agitadores foi baseada na produção de álcool gel produzido a partir de carbopol 940. Após a escolha do tipo do agitador e a definição da frequência de operações do mesmo, a potência de agitação foi calculada pelas etapas abaixo de acordo com Metzner e Otto (1957).

Primeiramente, calculou-se taxa de cisalhamento efetiva, após a seleção da constante K na Tabela 2. O valor obtido foi 11,5.

Tabela 2 – Valores de K para diversos tipos de impulsores para fluidos pseudoplásticos.

IMPULSOR	Nº DE DEFLETORES $\left(\frac{w_f}{D_i}\right)$	D_e [m]	$\left(\frac{D_i}{D_e}\right)$	n [-]	K_s [-]
Turbina					
com seis pás planas	4 (0,1)	0,051 – 0,20	1,3 – 5,5	0,05 – 1,5	11,5 ± 1,5
com seis pás planas	Sem defletores	0,051 – 0,20	1,3 – 5,5	0,18 – 0,54	11,5 ± 1,4
duas com seis pás planas, separadas de $D_i/2$	4 (0,1)	–	3,5	0,14 – 0,72	11,5 ± 1,4
duas com seis pás planas, separadas de $D_i/2$	4 (0,1) ou sem defletores	–	1,02 – 1,18	0,14 – 0,72	11,5 ± 1,4
com seis pás inclinadas a 45°	4 (0,1) ou sem defletores	0,10 – 0,20	1,33 – 3,0	0,21 – 0,26	13 ± 2
com seis pás inclinadas a 45°	4 (0,1) ou sem defletores	0,10 – 0,20	1,33 – 3,0	1,0 – 1,42	13 ± 2
Hélice maríinha					
com três pás (impulsão descendente)	Sem defletores, eixo vertical ou eixo inclinado a 10°, instalado a $D_i/6$	0,127	2,2 – 4,8	0,16 – 0,4	10 ± 0,9
com três pás (impulsão ascendente)	Sem defletores, eixo vertical ou eixo inclinado a 10°, instalado a $D_i/6$	0,127	2,2 – 4,8	0,16 – 0,4	10 ± 0,9
com três pás (impulsão descendente)	Sem defletores, eixo inclinado a 10°, instalado a $D_i/6$	0,305	1,9 – 2,0	0,16 – 0,4	10 ± 0,9
com três pás (impulsão descendente)	Sem defletores, eixo vertical	0,305	1,9 – 2,0	0,16 – 0,4	10 ± 0,9
de passo quadrado com três pás	4 (0,1)	0,152	1,67	0,16 – 0,6	10
de passo duplo com três pás (impulsão descendente)	Sem defletores, eixo inclinado a 10°, instalado a $D_i/6$		1,4 – 3,0	0,16 – 0,4	10 ± 0,9
de passo duplo com três pás (impulsão descendente)	Sem defletores, eixo vertical		1,4 – 3,0	0,16 – 0,4	10 ± 0,9
de passo quadrado com quatro pás	4 (0,1)	0,12	2,13	0,05 – 0,61	10
Pás de duas folhas	4 (0,1)	0,09 – 0,13	2 – 3	0,16 – 1,68	10
Âncora	Sem defletores	0,28	1,02	0,34 – 1,0	11 ± 5
Impulsores cônicos	Sem defletores ou 4 (0,08)	0,10 – 0,15	1,92 – 2,88	0,34 – 1,0	11 ± 5

Fonte: Skelland, 1967.

A seguir calculou-se a taxa de cisalhamento efetiva para um impelidor de 400 rpm. Na equação a frequência é dada em Hz, portanto igual a 6,67 Hz.

$$\left(\frac{dv}{dr}\right)_{ef} = K_s \cdot N$$

$$\left(\frac{dv}{dr}\right)_{ef} = 11,5 \times 6,67$$

$$\left(\frac{dv}{dr}\right)_{ef} = 76,67$$

Utilizou-se nos cálculos, a reologia do carbopol, considerando-o pseudoplástico pois é a principal matéria prima que confere viscosidade ao fluido.

Calculou-se, a seguir, a viscosidade efetiva para um K (Índice de consistência do fluido, obtido por reologia) no valor de $K=1,607$ e $n=0,403$ de acordo com Silva (2020).

$$\mu_{ef} = K \cdot \left(\frac{dv}{dr}\right)^{n-1}$$

$$\mu_{ef} = (1,607) \cdot (76,67)^{0,406-1}$$

$$\mu_{ef} = 0,122 \text{ Pa.s}$$

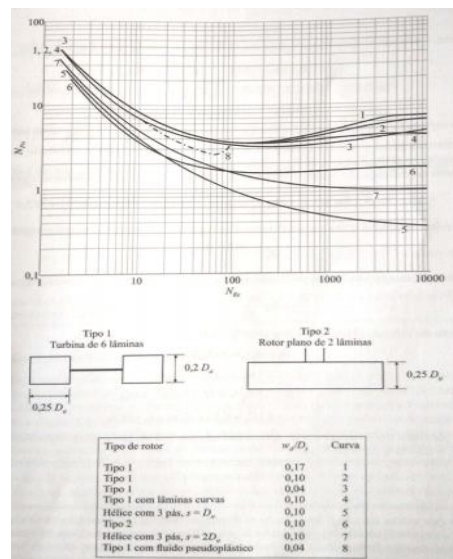
Através do valor da viscosidade efetiva, calculou-se o número de Reynolds através da fórmula abaixo, onde ρ é a densidade do fluido e N é a frequência em Hz:

$$N_{Re} = \frac{Da^2 \cdot N \cdot \rho}{\mu_{ef}}$$

$$N_{Re} = \frac{0,08^2 \cdot 6,67 \cdot 870}{0,122} = 304,41$$

Determinou-se que o número de potência (N_{Po}) através da Figura 8. Pelo tipo de agitador escolhido, a curva ideal é a curva de número 2, que comparando com o número de Reynolds, chegamos a $N_{Po} \sim 3,8$.

Figura 8 – Numero de potência em função do número de Reynolds para vários tipos de impelidores.



Fonte: Tadini *et al.*, 2006.

Desta maneira, calculou-se a potência:

$$P_o = N_{Po} \cdot N^3 \cdot Da^5 \cdot \rho$$

$$P_o = (3,8 \cdot (6,67^3) \cdot (0,08^5) \cdot 870)$$

$$P_o = 3,20 \text{ W}$$

A potência consumida pelo processo de agitação será de 3,20 W. Aparentemente, nos parece ser um baixo consumo de energia para o sistema. Portanto, o ideal é avaliar o nível de consumo de energia do sistema por metro cubico de solução.

$$\text{Nível de potencia} = \frac{Po}{V}$$

$$\text{Nível de potencia} = \frac{3,20 \text{ W}}{0,01 \text{ m}^3} = 320 \frac{\text{W}}{\text{m}^3}$$

Realizou-se outra simulação, visto que o nível de potência obtido foi médio para o primeiro impelidor, utilizando o mesmo método acima para o agitador tipo hélice marinha com 1150 rpm. Verificou-se que este tipo de agitador é o mais indicado pois obteve-se um nível de potência forte, que é o mais usual em projetos, de acordo com a Figura 9. Na tabela 3 abaixo seguem os valores encontrados nas duas simulações.

Tabela 3 – Resultados do dimensionamento da potência do tanque de agitação para produção de álcool em gel com carbopol 940.

Parâmetros	Turbina (400 rpm)	Hélice Marina (1150 rpm)
K	11,5	10
Taxa de cisalhamento efetiva (1/s)	76,67	191,6
Viscosidade efetiva (Pa. s)	0,122	0,0746
Número de Reynolds	304,41	1514,09
Potencia (W)	3,2	6,95
Nível de potência (W/m ³)	320	695

Figura 9 – Nível de agitação em função do nível de potência

P_o/V		NÍVEL DE AGITAÇÃO
[W · m ⁻³]	[HP · m ⁻³]	
Até 80	Até 0,1	Débil
80 – 230	0,1 – 0,3	Suave
230 – 460	0,3 – 0,6	Média
460 – 750	0,6 – 1,0	Forte*
750 – 1500	1 – 2	Intensa
1500 – 2250	2 – 3	Muito forte
2250 – 3000	3 – 4	Superintensa

*Valor mais usual.

Fonte: https://www.unicamp.br/fea/ortega/aulas/aula14_Agitacao.pdf, 2021.

6 CONCLUSÃO

De acordo com os cálculos realizados verificou-se as dimensões do tanque e a potência do impulsor utilizado. Foram realizadas duas simulações, uma para o agitador turbina e outra para a hélice Marina. Verificou um nível de agitação maior para o impulsor tipo Hélice marinha quando comparado com a turbina. Portanto, este impulsor, com frequência de 1150 rpm, para a produção de 10 L de álcool em gel foi o mais adequado para o processo.

7.REFERÊNCIAS

ANVISA, Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Formulário nacional da farmacopeia brasileira / Brasil**. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. 2.ed. Brasília: Anvisa, 2012. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/assuntos/farmacopeia/formulario-nacional/arquivos/8065json-file-1>. Acesso em: 05 mai. 2021.

BARBOSA, José Eduardo. **Dimensionamento do eixo do impelidor em sistemas de agitação e mistura para processos industriais**. Campinas, SP: [s.n.], 2004. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas - Faculdade de Engenharia Química, Campinas 2004.

BARZOTTO, *et al.* **Gel Alcoólico a 70% com Hidroxietilcelulose**. Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Centro de Ciências Médicas e Farmacêuticas Cosmetics online. Cascavel PR, 2021. Disponível em: <https://www.cosmeticsonline.com.br/artigo/390>. Acesso em 24 abr. 2021.

CONSELHO FEDERAL DE QUÍMICA (CFQ). Nota oficial. **Propriedades do álcool gel**, 2020. Disponível em: <http://cfq.org.br/noticia/nota-oficial-propriedades-do-alcool-gel/>. Acesso em 21 abr. 2021.

CORRÊA, N. *et al.* **Avaliação do comportamento reológico de diferentes géis hidrofílicos**. Revista brasileira de ciências farmacêuticas, v. 41, n.1, p. 73-78, 2005.

DIÁRIO OFICIAL DA UNIÃO. **Regulamentação técnica para o álcool etílico hidratado em todas as graduações e álcool etílico anidro, comercializado por atacadista e varejista**. Brasília, DF, 21 fev. 2002.

Disponível em: <https://www.jusbrasil.com.br/diarios/217843/pg-107-secao-3-diario-oficial-da-uniao-dou-de-21-02-2002>. Acesso em 06 mai. 2021.

ÉPOCA. **Demanda por álcool em gel cresceu 1.700%**. Época negócios, 2020 Disponível em: <https://epocanegocios.globo.com/Economia/noticia/2020/03/demanda-nacional-por-alcool-em-gel-cresceu-1700-esteano.html#:~:text=Uma%20das%20consequ%C3%Aancias%20do%20medo,120%20mil%20embalagens%20em%20janeiro>

E-COMMERCE BRASIL. **Aumento da demanda de álcool em gel no E-COMMERCE Brasileiro**. E-commerce Brasil, 2020. Disponível em: <https://www.ecommercebrasil.com.br/noticias/alcool-gel-aumento-coronavirus-compre-confie-ecommerce/> Acesso em 22 abr. 2021.

FARMA. **Fichas de informação técnica. Carbopol e gel carbomero**. Acofarma distribucion S.A. 2021. Disponível em: http://sistema.boticamagistral.com.br/app/webroot/img/files/Carbopol%20y%20Gel%20carb%C3%B3mero_022302a_PT.pdf. Acesso em: 28 abr. 2021.

FREITAS, Rilton Alves. Como é feita a produção de álcool 70% em gel?. **Blog Ligados pela Química. Departamento de Química da Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2020**. Disponível em: <http://www.quimica.ufpr.br/paginas/lpq/como-e-feita-a-producao-de-alcool-70-em-gel/>. Acesso em 24 mai. 2021.

FOGAÇA, Jennifer Rocha Vargas. **Fatores que alteram a pressão de vapor de um líquido**. Mundo Educação, 2021. Disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br/quimica/fatores-que-alteram-pessao-vapor-um-liquido.htm>. Acesso em 02 mai. 2021.

GUERRA, Lilia Ribeiro. como usar o álcool a 70% e quais os riscos existentes. **Portal de ensino de medicina PebMed, 2020**. Disponível em: <https://pebmed.com.br/covid-19-como-usar-o-alcool-a-70-e-quais-os-riscos-existentes/>. Acesso em: 24 mai. 2021.

LINHARES, H. **Principais agentes de viscosidade e espessantes para álcool gel**. Só Hélices, 2021. Disponível em: <http://sohelices.com.br/principais-agentes-de-viscosidade-e-espessantes-para-alcool-gel/>. Acesso em 02 mai. 2021.

LOPES, M.R. **Falta de matéria-prima preocupa fabricantes de álcool gel do país**. Disponível em: <https://noticias.r7.com/economia/falta-de-materia-prima-preocupa-fabricantes-de-alcool-gel-do-pais-19032020>. Acesso em 21 de abr. de 2021.

MULLER, João Vicente Sacco. Química II. Universidade Federal de Santa Maria. Colégio Técnico Industrial de Santa Maria - Rede e-Tec Brasil. Pelotas, 2013. Disponível em: https://www.ufsm.br/app/uploads/sites/413/2018/12/quimica_ii.pdf. Acesso em: 03 mai. 2021.

METZNER, A. B.; OTTO, R. E. Agitation of non-Newtonian fluids. **AIChE Journal**, v. 3, 1957.

MCCABE, W. L.; SMITH, J. C.; HARRIOT, P. **Unit operations of chemical engineering**. 7ed. Boston: McGraw-Hill, 1140 p. 2005.

MEDEIROS, Tânia. **Sistema de filtragem**. Embrapa, 2020. Disponível <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/51222830/embrapa-cede-componentes-para-fabricacao-de-alcool-gel-pela-ufs>

QUEIROZ, V., de S. **Obtenção de etanol líquido neutro a partir dos resíduos (cabeça e cauda) oriundos da fabricação de cachaça por processo de destilação convencional assistido por micro-ondas para obtenção de álcool gel**. Campina Grande, 2013. 103 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Processos) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia, Campina Grande, 2013.

.ROZENFELD, S. **Fundamentos da vigilância sanitária**. Rio de Janeiro. Editora FIOCRUZ, 2000. Disponível em https://www.google.com.br/books/edition/Fundamentos_da_vigil%C3%A2ncia_sanit%C3%A1ria/pFNtAwAAQBAJ?hl=ptBR&qbpv=1&dq=Ao+t%C3%A9rmino+do+tempo+de+mistura,+o+produto+segue+para+a+etapa+de+envase+em+uma+m%C3%A1quina+espec%C3%ADfica,+onde+o+produto+envasado,+%C3%A9+ent%C3%A3o+embalado+conforme+as+exig%C3%AÂncias+requeridas+pela+ANVISA+e+segue+para+distribui%C3%A7%C3%A3o+de+vendas&printsec=frontcover. Acesso em: 10 mai. 2021.

SKELLAND, A. II. P. **Non-Newtonian flow and heat transfer**. New York: John Wiley & Sons, 1967. 469p.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE PNEUMOLOGIA E TISIOLOGIA (SBPT). **Posicionamento da sbpt sobre o uso de máscaras caseiras**. Brasília. 2020. Disponível em: <https://sbpt.org.br/portal/t/ncov/>. Acesso em: 27 abr. 2021.

TADINI, C.C., TELIS, V.R.N., MEIRELLES, A.J.A., PESSOA FILHO, P.A. **Operações Unitárias na Indústria de Alimentos**. 1 ed., Rio de Janeiro: LTC Editora, 2016.