



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE  
CENTRO DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA



TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**DESENVOLVIMENTO DE SOFTWARE PARA CONTROLE DE QUALIDADE NA  
PRODUÇÃO DE ÁLCOOL ETÍLICO UTILIZANDO PYTHON**

WILLISSON DOS SANTOS DE LIMA

NATAL, RN

2022

WILLISSON DOS SANTOS DE LIMA

**DESENVOLVIMENTO DE SOFTWARE PARA CONTROLE DE QUALIDADE NA  
PRODUÇÃO DE ÁLCOOL ETÍLICO UTILIZANDO PYTHON**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à  
Universidade Federal do Rio Grande do Norte –  
UFRN, para obtenção do título de Engenheiro  
Químico.

Orientador: Prof. Dr. Gilson Gomes de Medeiros.

Natal, RN

2022

Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN  
Sistema de Bibliotecas - SISBI  
Catalogação de Publicação na Fonte. UFRN - Biblioteca Central Zila Mamede

Lima, Willisson dos Santos de.

Desenvolvimento de software para controle de qualidade na produção de álcool etílico utilizando Python / Willisson dos Santos de Lima. - 2022.

48 f.: il.

Monografia (graduação) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Tecnologia, Curso de Engenharia Química. Natal, RN, 2022.

Orientador: Prof. Dr. Gilson Gomes de Medeiros.

1. Python - Software - Monografia. 2. Álcool Etílico - Monografia. 3. Interface Gráfica - Monografia. 4. Controle de Qualidade - Monografia. I. Medeiros, Gilson Gomes de. II. Título.

RN/UF/BCZM

CDU 004.05:661.772

Elaborado por Fernanda de Medeiros Ferreira Aquino - CRB-15/301

WILLISSON DOS SANTOS DE LIMA

**DESENVOLVIMENTO DE SOFTWARE PARA CONTROLE DE QUALIDADE NA  
PRODUÇÃO DE ÁLCOOL ETÍLICO UTILIZANDO PYTHON**

Este trabalho de conclusão de curso foi apresentado e aprovado no dia 08 do mês de dezembro de 2022, como requisito parcial para obtenção do Título de bacharel em Engenharia Química, na Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Gilson Gomes de Medeiros.

Orientador – UFRN

---

Prof. Dr. André Luis Lopes Moriyama

Membro da Banca – UFRN

---

Prof. Dr. Jackson Araujo De Oliveira

Membro da Banca - UFRN

Natal, 8 de dezembro de 2022.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por tudo.

Aos meus pais, Xavier e Nilda, pelo apoio excepcional durante todos os momentos e caminhos trilhados até hoje.

À minha namorada, Sintia Raianne, por sempre ter acreditado em mim, me enchendo de confiança e apoio, sendo uma das minhas principais fontes de motivação.

Aos amigos que conheci nesses anos de UFRN – Anderson, Camilla, Danilo, Gabriel, Harley, João Pedro, Mateus, Marco, Raphael, Samantha e Yan – os quais são uma grande fonte de inspiração e orgulho, pelos conhecimentos compartilhados e uma grande vivência.

Ao meu professor orientador Gilson Gomes de Medeiros, pelos conselhos e suporte, além dos seus ensinamentos que levarei para a vida toda.

À Universidade Federal do Rio Grande do Norte, pelas oportunidades oferecidas no meu desenvolvimento acadêmico e pessoal.

Ao Departamento de Engenharia Química e seus docentes, por todo conhecimento transmitido com tanta dedicação, carinho e paciência, a estes o meu singelo obrigado.

## RESUMO

A pandemia gerada pelo coronavírus (COVID-19), doença infecciosa causada pelo vírus SARS-CoV 2, provocou diversas alterações no cenário global, onde inúmeras pessoas foram infectadas. Essa doença prejudica o aparelho respiratório e outros sistemas do corpo humano, como por exemplo, coração, cérebro e rins. Pensando nisso, algumas medidas preventivas foram implementadas, como a utilização de máscara, de álcool líquido ou em gel para a desinfecção de mãos e superfícies e o distanciamento social. Nesse contexto, a produção e distribuição de álcool etílico 70° INPM ganhou notoriedade pela facilidade e praticidade que o produto oferece no combate a vírus e bactérias, mas a falta de conhecimento e preparo de alguns profissionais no mercado para produzi-lo, pode gerar uma disparidade no teor alcoólico final desejado. Nesse sentido, o presente trabalho tem como objetivo o desenvolvimento de um software para auxiliar no controle da qualidade na produção do álcool etílico. O software desenvolvido utiliza um banco de dados proveniente da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), a fim de entregar ao usuário um sistema que possa informar quais são os valores necessários para uma correta diluição e verificação da porcentagem alcoólica produzida. Dessa forma, os resultados obtidos pelo software auxiliam o profissional no controle de qualidade do álcool e sua eficácia na ação antisséptica, conforme o teor alcoólico recomendado pela ANVISA, sendo esses de 68° a 72° INPM.

**Palavras-Chave:** Python; Interface Gráfica; Controle de Qualidade; Álcool Etílico

## ABSTRACT

The pandemic generated by the coronavirus (COVID-19), an infectious disease caused by the SARS-CoV 2 virus, provoked several alterations in the global scenario, where countless people were infected. This disease damages the respiratory system and other body systems, like the heart, brain and kidneys. With that in mind, some preventive measures were implemented, such as the use of a mask, hand sanitizer (in the form of liquid or gel alcohol) for the disinfection of hands and surfaces and social distance. In this context, the production and distribution of 70° INPM ethyl alcohol gained notoriety for the ease and practicality that the product offers on the fight against viruses and bacteria, but the lack of knowledge and preparation of some professionals in the market to produce it, can generate a disparity on the desired final alcohol content. In this sense, the present work aims to develop a software to assist in quality control on the production of ethyl alcohol. The developed software uses a database from the National Health Surveillance Agency (ANVISA), in order to provide the user with a system that can inform the necessary values for a correct dilution and verification of the alcoholic percentage produced. In this way, the results obtained by the software help the professional in the quality control of alcohol and its effectiveness in the antiseptic action, according to the alcohol content recommended by ANVISA, being these from 68° to 72° INPM.

**Keywords:** Python ; Graphical interface; Quality control; Ethyl alcohol.

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. OBJETIVOS	13
2.1 OBJETIVO GERAL	13
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
3.1 Propriedades Físicas e Químicas de Álcoois	14
3.1.1 Forças Intermoleculares	15
3.1.2 Solubilidade	15
3.2 Etanol	16
3.2.1 Processo de produção do etanol	17
3.2.2 Aplicações do etanol	20
3.2.3 Diluição do etanol	22
3.3 Determinação do grau alcoólico	23
3.4 Conversão de °GL para °INPM	24
3.5 Python	26
3.6 Pycharm	26
3.7 Bibliotecas	27
3.7.1 Tkinter	27
3.7.2 Pandas	27
3.7.3 Pyinstaller	27
4. METODOLOGIA	28
4.1 Criação do Programa	28
4.1.2 Interface Gráfica	28
4.1.3 Códigos de cálculo da diluição do álcool etílico	34
4.1.4 Códigos de cálculo da verificação da concentração do álcool etílico	36
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	38
5.1 Tratamento de erros	38
5.2 Cálculo da diluição do álcool etílico	40
5.3 Cálculo da verificação da concentração do álcool etílico.	43
6. CONCLUSÃO	46
7. REFERÊNCIAS	47
ANEXO A: TÁBUA DA FORÇA REAL DOS LÍQUIDOS ESPIRITUOSOS	49
ANEXO B: RECORTE DA TABELA DE ALCOOMETRIA DA FARMACOPEIA BRASILEIRA	50

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Classificação dos álcoois em primário, secundário e terciário. ....	14
Figura 2 - Fluxograma do processo de produção do etanol.....	19
Figura 3 - Fluxo de um programa Python. ....	28
Figura 4 - Início do Código-fonte em Python.....	28
Figura 5 - Linhas 225 a 227.....	29
Figura 6 - Linhas 44 a 54.....	29
Figura 7 - Linhas 130 a 155.....	30
Figura 8 - Exemplo de utilização do padx e pady. ....	31
Figura 9 - Linhas 158 a 166.....	31
Figura 10 - Linhas 169 a 186.....	32
Figura 11 - Linhas 189 a 200.....	32
Figura 12 - Linhas 204 a 221.....	33
Figura 13 - Aparência final da interface gráfica.....	34
Figura 14 - Linhas 9 e 10.....	34
Figura 15 - Linhas 57 a 81.....	35
Figura 16 - Linhas 85 a 102.....	36
Figura 17 - Linhas 112 a 128.....	37
Figura 18- Entrada de dados para análise no software. ....	38
Figura 19 - Caixa de mensagens de erro ao usuário. ....	39
Figura 20 - Entrada de dados para análise no software. ....	39
Figura 21- Caixa de mensagens de erro na temperatura inserida. ....	40
Figura 22- Caixa de mensagens de erro na faixa de valor inserido. ....	40
Figura 23- Exemplo de entrada de dados no software.....	41
Figura 24 - Caixa de mensagens com os dados de diluição. ....	42
Figura 25 - Gráfico da quantidade de matéria prima necessária para a produção de álcool etílico a 20 °C. ....	43
Figura 26 - Exemplo de entrada de dados no software.....	44
Figura 27- Caixa de mensagens com o resultado de teor alcoólico em ° GL e °INPM. ....	45

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Comparação entre o ponto de ebulição de álcoois, éteres e alcanos. ....	15
Tabela 2- Teor alcoólico por tipo de bebida.....	21
Tabela 3- Tábua da força real dos líquidos espirituosos. ....	25
Tabela 4- Tabela de alcoometria para conversão de concentração volumétrica para mássica. 25	
Tabela 5- Classes de Widgets no Tkinter. ....	30
Tabela 6- Recorte da tabela alcoométrica da Farmacopeia Brasileira.....	42
Tabela 7- Valor real de teor alcoólico de 82c a 26°C.....	44
Tabela 8 - Valor convertido de % v/v para % p/p. ....	45

## 1. INTRODUÇÃO

No âmbito global, encontra-se ainda em curso a pandemia gerada pela doença denominada Coronavírus Disease 2019 (COVID-19), causada pela infecção do coronavírus da síndrome respiratória aguda grave 2 (SARS-CoV-2). O vírus pode afetar severamente o sistema respiratório, levando, eventualmente, o enfermo a óbito ou deixando-o com fortes sequelas. Nos primeiros dois anos da pandemia, nenhum tratamento ou cura eficaz estava disponível, o que ocasionou várias mudanças nos hábitos e costumes da população, sendo uma delas a intensa utilização do álcool 70%, para desinfecção e antissepsia de objetos e superfície corpórea. Isso fez com que o setor industrial precisasse produzir grandes quantidades de álcool etílico para o comércio e os setores de saúde e de serviços.

De acordo com a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), a produção de etanol teve um aumento de 5,1% sobre a safra de 2019, totalizando 34 bilhões de litros em 2020 (CONAB, 2020). Pensando nesse aumento gigantesco, é de extrema importância que o processo de diluição do álcool etílico seja realizado de forma correta, pois, segundo o Conselho Federal de Química (CFQ), para uma melhor eficácia na desinfecção de microrganismos patogênicos, é necessário que as soluções tenham grau alcoólico 70% (CFQ, 2020).

Analisando a situação acima abordada, este trabalho teve por objetivo utilizar a linguagem Python para desenvolver um *software* capaz de auxiliar os usuários a alcançar uma maior eficiência quanto ao controle da qualidade na produção do álcool etílico em diferentes graduações.

Assim, na atualidade é possível notar que o uso de tecnologias como programação podem impactar direta ou indiretamente na qualidade final de um produto. Segundo pesquisas, a linguagem Python está entre as 3 linguagens mais populares no mundo, principalmente pelas suas características, como exigir poucas linhas de códigos e permitir uma leitura fácil (STEPHEN,2020). No caso da produção de álcool etílico, quando utilizamos o Python, fica mais fácil analisar os dados que foram obtidos nas análises físico-químicas, podendo qualquer usuário analisar de forma simplificada os dados finais de concentração, além de ser capaz de obter as quantidades necessárias em litros de solúvel e solvente para obter a concentração desejada, sem necessitar da utilização de fórmulas químicas.

Para tanto, o presente trabalho partiu da premissa de que é necessária a criação de uma interface gráfica intuitiva, onde qualquer indivíduo possa avaliar os resultados, otimizando assim o processo de controle de qualidade do produto final, no caso o álcool.

Este estudo tem como base uma pesquisa descritiva e adota uma abordagem quantitativa. Durante o seu desenvolvimento, foram utilizadas publicações e artigos relacionados aos conceitos-chave do tema proposto, juntamente com dados da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), referentes à seção de alcoometria, presente na Farmacopeia Brasileira (ANVISA, 2019), cujas normas constituem um importante suporte para este trabalho.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GERAL**

Desenvolver um *software*, utilizando a linguagem Python, para auxiliar o controle de qualidade da produção de álcool etílico.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Conceituar as propriedades do álcool etílico;
- Descrever o processo de produção do álcool;
- Desenvolver um *software* utilizando Python;
- Apresentar a funcionalidade do *software*.

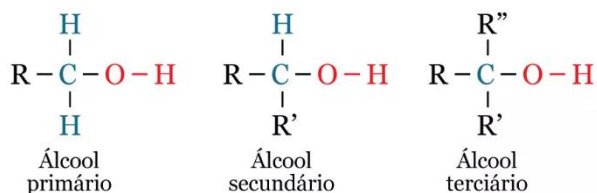
### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo, serão abordados aspectos teóricos da literatura relevantes ao desenvolvimento do trabalho, quais sejam, as características e as propriedades dos álcoois, assim como seu processo de fabricação e principais aplicações, além do processo de diluição, verificação de concentração e métodos de programação computacional.

#### 3.1 Propriedades Físicas e Químicas de Álcoois

Os álcoois são compostos orgânicos cuja fórmula geral é R-OH, onde (R-) é um grupo radical orgânico alquila e OH é o grupo funcional hidroxila. Assim, se a hidroxila estiver ligada a um carbono saturado, será considerada um composto orgânico pertencente à função dos álcoois. Um álcool pode ser classificado, de acordo com o tipo de carbono ao qual a hidroxila está ligada, como primário, secundário ou terciário (VOLLHARDT; SCHORE, 2004).

Figura 1- Classificação dos álcoois em primário, secundário e terciário.



Fonte: Adaptado de Barbosa (2004).

Os álcoois são compostos muito reativos devido à presença da hidroxila (OH). Com até três carbonos em sua cadeia, possuem um cheiro agradável. À medida que a quantidade de carbonos na cadeia principal aumenta, os líquidos vão se tornando mais viscosos e, com mais de onze carbonos, eles se tornam sólidos inodoros, semelhantes à parafina (VOLLHARDT; SCHORE, 2004).

Mediante esse tipo de estrutura, os álcoois possuem diversas propriedades físicas importantes, o que implica, por exemplo, na aplicação do etanol (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH) em diversas áreas industriais e farmacológicas. Dessa forma, é de suma importância o conhecimento das propriedades físicas e químicas de álcoois, para, assim, utilizá-los de forma adequada e segura.

### 3.1.1 Forças Intermoleculares

As forças intermoleculares, de modo geral, mantêm as moléculas de uma substância unidas. Entre estas forças, as ligações de hidrogênio são o tipo mais forte de interação intermolecular. As ligações de hidrogênio ocorrem quando um átomo de hidrogênio se liga a outro átomo fortemente eletronegativo, podendo ser o flúor, oxigênio ou nitrogênio (CLAYDEN, 2012). Em virtude desse tipo de estrutura e de interação intermolecular, é possível explicar outras propriedades dos álcoois, tais como seus pontos de fusão e ebulição, polaridade e solubilidade. Por exemplo, é de se esperar que a função orgânica álcool tenha um alto ponto de ebulição quando comparado com funções orgânicas de peso molecular semelhante e interações intermoleculares menos intensas como as forças de Van der Waals e as ligações dipolo-dipolo, conforme evidenciam os dados da Tabela 1.

Tabela 1 - Comparação entre o ponto de ebulição de álcoois, éteres e alcanos.

Composto	Peso molecular	Função Orgânica	Interação intermolecular	Ponto de ebulição
CH <sub>3</sub> - CH <sub>2</sub> - CH <sub>3</sub>	44,09 g/mol	Alcano	Van der Waals	-44,5°C
CH <sub>3</sub> - O - CH <sub>3</sub>	46,07 g/mol	Éter	Dipolo-dipolo	-24,0°C
CH <sub>3</sub> - CH <sub>2</sub> - OH	46,07 g/mol	Álcool	Ligação de Hidrogênio	78,5 °C

Fonte: Adaptado de Vollhardt (2004).

### 3.1.2 Solubilidade

Por sua vez, a solubilidade apresenta relação com a polaridade de solutos e solventes: compostos polares são dissolvidos em compostos polares e compostos apolares, em compostos apolares. A diferença de eletronegatividade entre os átomos de oxigênio e hidrogênio faz com que o grupo funcional hidroxila seja altamente polar, assim tornando álcoois de até três carbonos totalmente solúveis em água (GARCÍA, 2015). A elevada solubilidade do álcool de baixo peso molecular provém das ligações de hidrogênio entre o grupo hidroxila do álcool e a hidroxila da água. Porém, uma vez elevada a quantidade de carbonos na cadeia principal do álcool, os mesmos vão ficando mais insolúveis em água.

Uma característica presente na solubilidade entre etanol (CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>OH) e água (H<sub>2</sub>O) se mostra interessante, uma vez que, quando esses compostos são misturados, o volume resultante é menor do que o somatório de seus volumes separados. Ao adicionar álcool em água, essas

duas substâncias estabelecem ligações de hidrogênio entre si. Essa forte interação faz com que ambas se reorganizem, fazendo com que os espaços vazios entre as moléculas de água sejam ocupados pelo álcool (SOLOMONS, 2018). Outro aspecto interessante que pode ser observado é uma reação exotérmica, pois, ao se formarem novas ligações de hidrogênio mais estáveis com o álcool, a energia excedente que era utilizada para estabilizar o sistema não é mais necessária, sendo, assim, liberada em forma de calor. Em consequência, ao se misturar álcool com água, há um aquecimento da solução e uma redução aparente no seu volume final, embora a massa final da solução permaneça igual à somatória das massas dos dois componentes isolados.

### 3.2 Etanol

Há tempos, o etanol desperta de modo crescente a atenção de pesquisadores, indústrias e governos, como uma alternativa para diminuir problemas ambientais e energéticos. Sendo uma fonte renovável de energia, pode, em comparação aos combustíveis fósseis, reduzir as emissões de dióxido de carbono (SOLOMONS, 2018).

Introduzida em nosso país pelos portugueses, a cana-de-açúcar foi o primeiro produto de cultivo da história do Brasil e continua ocupando um importante espaço na economia nacional. O plantio da cana de açúcar foi fundamental para a formação da base econômica do país, que é ainda o seu maior produtor mundial. Durante muitos anos, a cana foi utilizada principalmente como matéria prima para a obtenção de açúcar. Por outro lado, já no início do século XX, devido a crises econômicas e na tentativa de reduzir a dependência do petróleo importado, surgiu, em 1925, a primeira experiência brasileira com o etanol como combustível veicular e, em 1933, o governo de Getúlio Vargas criou o Instituto do Açúcar e do Álcool (IAA) e tornou obrigatória a mistura de até 5% de etanol à gasolina (CERQUEIRA, 2014; CONTESINI, 2022).

Em 1975, foi lançado o Programa Nacional do Álcool (Proálcool), cujo objetivo maior era a redução da dependência nacional em relação ao petróleo importado. Como consequência, carros a álcool hidratado começaram a ser utilizados em grande escala em todo o país. Além disso, passou a ser mandatória a adição de 15% de álcool anidro à gasolina.

Anos depois, o lançamento dos carros *flex-fuel* no Brasil resultou na elevação da necessidade de produção de cana de açúcar e, conseqüentemente, de etanol. Com isso, a matriz energética brasileira, no que se refere à sustentabilidade, atingiu 46,8% de utilização de energias

renováveis, enquanto a média de utilização mundial é de apenas 14% (VIEGAS, 2010). Assim, atualmente o Brasil contém inúmeras fábricas de produção de etanol, além do açúcar, a partir da cana, sua principal matéria prima, sendo um produto vital para a economia do país, com diversas aplicações industriais e farmacêuticas.

### 3.2.1 Processo de produção do etanol

O álcool etílico ou etanol ( $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ ), é uma substância orgânica obtida a partir da fermentação de açúcares e da hidratação do etileno, sendo utilizado em diversas indústrias, como a de perfumaria, cervejaria, vinho ou como combustível em motores de explosão. Uma vez que o etanol não é encontrado de forma pura na natureza, é necessário obtê-lo a partir de outras substâncias, podendo ser através da fermentação das moléculas de açúcar encontradas em vegetais como milho, trigo, cana de açúcar, ou através de reações químicas controladas em laboratório (VOLLHARDT, 2004).

A forma mais simples e eficiente de obtenção do álcool se dá pela fermentação da cana de açúcar, técnica milenar que consiste em adicionar microrganismos fermentativos que agem quebrando a glicose ( $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ ) em duas moléculas de etanol ( $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ ), e duas moléculas de gás carbônico ( $\text{CO}_2$ ) (SARDELLA, 1995). Nas usinas produtoras de etanol, a cana de açúcar é fermentada, gerando, como produto principal, os álcoois anidro e hidratado.

Para a produção do etanol, é preciso diferenciar o etanol anidro (álcool etílico anidro) do etanol hidratado (álcool etílico hidratado), em termos de uma escala em °INPM. Essa escala se refere à porcentagem de álcool em fração mássica (%m/m) presente em uma mistura (ANVISA, 2019). O álcool anidro tem, como característica, um teor alcoólico mínimo de 99,6 °INPM, sendo utilizado na mistura com gasolina, para baratear o combustível, e como matéria prima na indústria de tintas, solventes e vernizes. Por sua vez, o álcool hidratado contém teor alcoólico entre 94,1 e 96 °INPM, sendo usado na indústria farmacêutica, alcoolquímica, bebidas e em produtos de limpeza (NOVA CANA, 2017). Em suma, a diferença entre os dois diz respeito à quantidade de água presente em cada um deles.

Os dois tipos de álcool têm o mesmo processo de fabricação, até a sua fermentação, onde se obtém o álcool hidratado. Já o anidro, cujo nome tem etimologia de origem grega e significa “sem água”, precisa passar pelo processo de desidratação, por meio da destilação

fracionada, a fim de separar a água do álcool (NOVA CANA, 2017). Sendo assim, esse processo de fabricação tem início nos campos de colheita de cana de açúcar, que é a matéria prima enviada para a refinaria, passando pelos processos de lavagem, moagem, eliminação de impurezas, fermentação, destilação, desidratação e armazenamento, os quais são descritos a seguir.

A matéria prima (cana de açúcar), ao chegar na usina em sua forma bruta, é disposta em esteiras rolantes, a fim de ser lavada para a retirada de sólidos grosseiros e outros tipos de impurezas, como, areia, terra, dentre outros. Depois, é submetida à ação de um eletroímã, retirando possíveis materiais metálicos. A cana de açúcar, assim limpa, vai para a moagem, quando é triturada, produzindo um líquido chamado melado, que segue para a eliminação de impurezas, como restos de bagaço. Paralelamente, o bagaço proveniente do processo de moagem pode ser reaproveitado para a geração de energia da usina (FIORAVANTI, 2009).

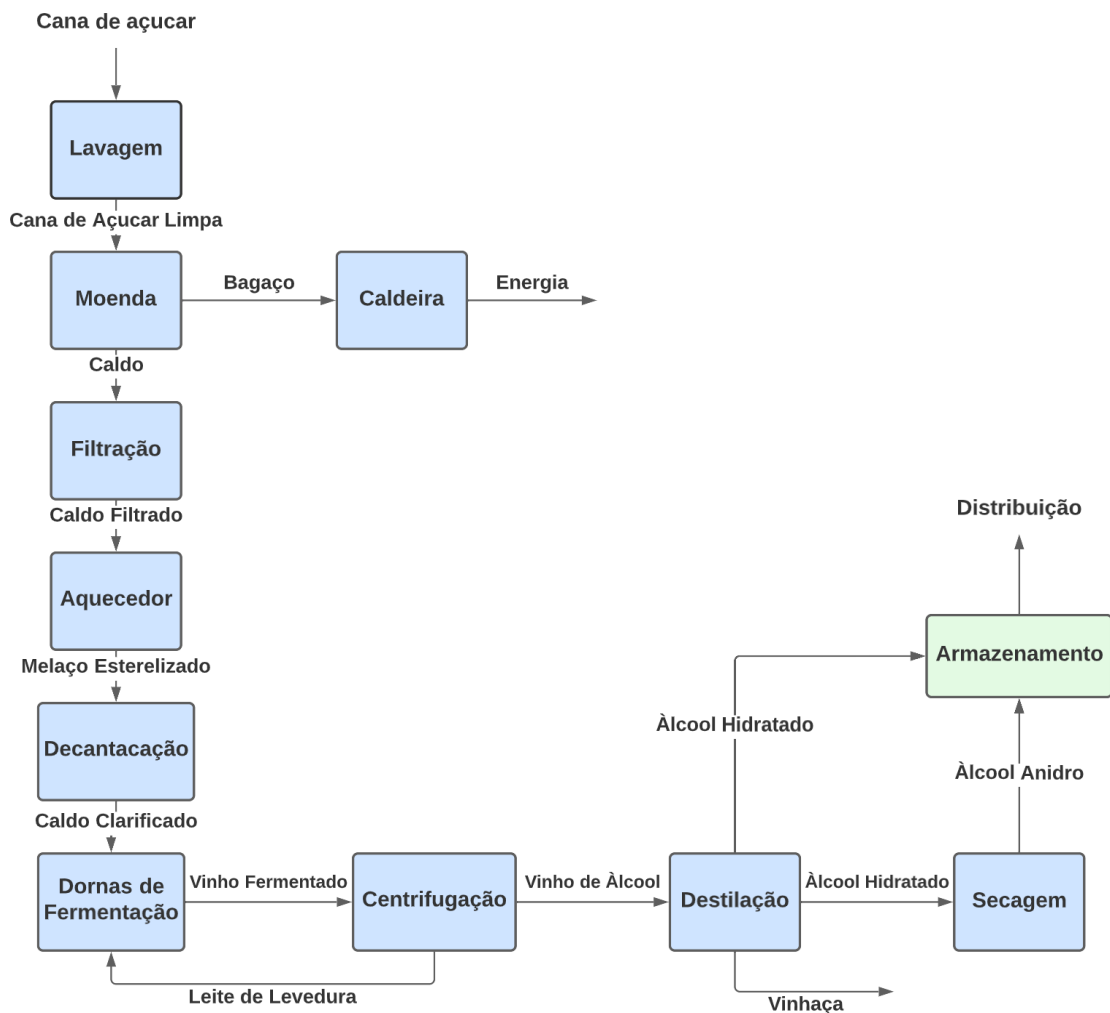
Para a devida eliminação de impurezas do melado, o mesmo passa por peneiras e, em seguida, vai para o repouso nos tanques de decantação. Após as impurezas restantes se depositarem no fundo dos tanques, é obtido um melado puro clarificado, que é então aquecido a aproximadamente 105 °C para a esterilização de possíveis microrganismos presentes (FELDER, 2005). Daí, segue para a fermentação em tanques chamados de dornas de fermentação, onde é misturado com levedura, sendo mais comum a levedura *Saccharomyces cerevisiae* (FIORAVANTI, 2009). Dessa forma, os microrganismos se alimentam do açúcar, quebrando a glicose em moléculas de etanol e gás carbônico, em um processo que varia de 6 a 10 horas, obtendo-se então o vinho fermentado, contendo aproximadamente 10% (v/v) de etanol. O vinho então é levado a centrífugas, para a recuperação do fermento (levedura), que é tratado e reutilizado nas dornas fermentativas.

Dado isso, o vinho fermentado segue para a etapa de destilação, sendo aquecido nas colunas que utilizam diferentes pontos de ebulição das diversas substâncias voláteis presentes, e nessa etapa o vinho é separado do etanol, obtendo-se o álcool etílico hidratado, uma mistura binária de álcool e água, que pode ser utilizado como etanol combustível, tendo um grau alcoólico de aproximadamente 96% (v/v) (FELDER, 2005). Além do álcool, é obtida a vinhaça, constituída principalmente de água, ácidos orgânicos e, em menor quantidade, por cátions como  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$  e  $Mg^{2+}$  (LELIS NETO, 2008). A vinhaça pode ser utilizada na lavoura como fertilizante, servindo para elevar a produtividade em até 10% (PIRACICABA, 2015).

Dessa forma, o álcool hidratado já pode ser comercializado, ou passar por um processo de desidratação, transformando-se em álcool anidro (álcool “puro”), utilizado no Brasil como aditivo à gasolina. Depois de pronto, o álcool produzido é armazenado em tanques de elevado volume situados nos parques industriais, ou embarcados em caminhões tanque ou ainda por meio de linhas ferroviárias, a fim de ser comercializado nas distribuidoras.

Esse processo pode ser mais bem visualizado no fluxograma apresentado na Figura 2, o qual mostra, de forma simplificada, as etapas do processo de produção do etanol.

Figura 2 - Fluxograma do processo de produção do etanol.



Fonte: Autor (2022).

### 3.2.2 Aplicações do etanol

O etanol é importante por ser um produto versátil e de baixo custo, tendo inúmeras aplicações. O seu uso é vasto em bebidas alcoólicas, na indústria farmacêutica, como combustível, solvente químico e perfumaria, além de ter muita importância na medicina, sendo utilizado na eliminação de microrganismos nocivos, tais como fungos, vírus e a maioria das bactérias, desnaturando suas proteínas e dissolvendo lipídios (ANVISA, 2002).

A aplicação mais rentável para o etanol, há vários anos, é seu emprego como combustível nos motores de combustão interna, principalmente nos veículos leves, como automóveis e motocicletas. O etanol é utilizado como combustível veicular desde 1938, quando foi decretada obrigatória a mistura de álcool anidro à gasolina, tendo teores atualmente estipulados em 27% na gasolina comum e de 25% na gasolina *premium* (PETROBRAS, 2015). Além de veículos, em 2004 foi autorizada a produção em série, pela Embraer, do primeiro monomotor movido a etanol hidratado, sendo um avião utilizado na agricultura, com menor autonomia de voo se comparado com aeronaves similares movidas a gasolina de aviação, porém muito econômico, uma vez que o litro do etanol era praticamente três vezes mais barato que o combustível aéreo (FAPESP, 2004).

Além do uso automotivo, o etanol é amplamente utilizado para a fabricação de bebidas alcoólicas fermentadas. No Brasil, há uma grande diversidade de bebidas, como a cerveja, o vinho e bebidas destiladas, todas contendo concentrações diferentes de álcool etílico. O teor alcoólico das bebidas é medido em °GL (graus Gay Lussac), que indicam a quantidade (em mL) de etanol presente em 100 mL de mistura hidroalcoólica; assim, esse valor é uma porcentagem em fração volumétrica (% v/v) (ANVISA, 2019).

A porcentagem de álcool nas bebidas varia de país para país. A legislação brasileira permite um teor máximo de acordo com o tipo de bebida. A análise desse teor é feita pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Segundo esse Ministério,

Os vinhos e derivados da uva são regidos pela Lei nº 7.678, de 08 de novembro de 1988 regulamentada pelo Decreto nº 8.198, de 20 de fevereiro de 2014. As demais bebidas são regidas pela Lei nº 8.918, de 14 de julho de 1994, regulamentadas pelo Decreto nº 6.871, de 4 de junho de 2009 (MAPA, 2019, p. 1).

Dito isso, as bebidas contêm os seguintes teores alcoólicos, descritos em termos volumétricos (v/v), na Tabela 02, a seguir.

Tabela 2- Teor alcoólico por tipo de bebida.

Tipo de bebida	Teor alcoólico
Aguardente	38% a 54%
Cachaça	38% a 48%
Cerveja	5% a 16%
Espumante	11%
Hidromel	8%
Rum	35% a 54%
Saquê	16%
Tequila	27%
Vinho Branco	12%
Vinho Tinto	11% a 14%
Vinho Verde	8,5% a 9,5%
Vodca	13% a 54%
Whisky	38% a 54%

Fonte: Adaptado de Braga (2018).

Logo, torna-se evidente a grande participação do álcool na produção de bebidas como um todo, não só no Brasil como no mundo.

Outra das principais aplicações do álcool etílico é a sua utilização para limpeza e desinfecção, sendo amplamente utilizado como medida preventiva contra o COVID-19, atuando na desinfecção das mãos e de superfícies. Outrora, antes da teoria dos microrganismos ser elaborada no século XIX, muitas mulheres e crianças morreram durante o parto, sem que ninguém soubesse o motivo, e durante as batalhas morreram mais soldados por pequenos ferimentos e doenças do que na linha de frente em combate (MIMS, 1999). Com o avanço significativo na medicina e o desenvolvimento da teoria dos microrganismos, o etanol hidratado e outros tipos de álcool estão extensivamente presentes em hospitais e salas de cirurgia, atuando como agentes desinfetantes.

Nesse contexto, é importante definir a desinfecção, o qual é diferente de limpeza e esterilização: “a limpeza reduz em até 80% da carga de microrganismos, enquanto que a desinfecção chega a eliminar até 99% e a esterilização elimina 100%” (ANVISA, 2010). Além disso, segundo a Farmacopeia Brasileira (2019), os desinfetantes “são produtos destinados a destruir, indiscriminada ou seletivamente, microrganismos, quando aplicados em objetos inanimados ou ambientes”.

Com isso, temos que o álcool etílico, um importante desinfetante, utilizado para limpeza, necessita de um teor alcoólico ideal para a devida eficácia, sendo esse teor recomendado pela Organização Mundial de Saúde (OMS) e pela ANVISA, estando no intervalo de 68 a 72 °INPM ou de 75 a 79 °GL. O popular álcool 70% (70° INPM ou 77° GL) tem a concentração mais eficaz na limpeza doméstica e hospitalar, na desinfecção de superfícies e na antisepsia da pele, principalmente das mãos. Ele contém um ótimo efeito bactericida, com um tempo de volatilização ideal para ter a pressão osmótica adequada para a adentrar na membrana plasmática e desnaturar as proteínas dos microrganismos, diferentemente de outras graduações alcoólicas onde essas características não estão presentes, não eliminando, assim, o microrganismo (CFQ, 2020).

No atual meio pandêmico, é de suma importância a utilização da graduação alcoólica adequada para a ação germicida, através de normas estabelecidas para garantir a diluição adequada do produto final. Dessa forma, a população pode usufruir de meios de combate contra não somente o novo COVID-19, mas sim a inúmeros vírus e bactérias presentes no cotidiano.

### **3.2.3 Diluição do etanol**

Em 2002, a ANVISA proibiu a comercialização do álcool líquido para uso doméstico, através da Resolução-RDC nº 46, de 20 de fevereiro de 2002, devido a ter uma incidência elevada de acidentes domésticos com o álcool líquido, através de queimaduras ou ingestão por crianças. Segundo a mesma resolução, álcool acima da graduação 54° GL devem ser comercializados em solução coloidal na forma de gel desnaturado contendo no máximo 500 g (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2002).

Contudo, em 2020, ao ter sido decretado pela Organização Mundial da Saúde (OMS) o estado de pandemia de COVID-19, doença causada pelo novo coronavírus (Sars-Cov-2), a Agência Nacional de Vigilância Sanitária liberou temporariamente a empresas fabricantes de cosméticos e saneantes a produção na graduação exclusiva a 70 °INPM (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2020). Sendo assim, normalmente as indústrias recebem, das refinarias ou fornecedores licenciados, o álcool etílico na graduação de 96 °GL, necessitando então efetuar a sua diluição para álcool 70 °INPM.

A diluição se refere ao processo físico-químico de preparar uma solução de menor concentração a partir de soluções de concentrações elevadas, sem modificar a quantidade de soluto, somente elevando a quantidade de solvente na solução. Com isso, o volume da solução aumenta e conseqüentemente sua concentração final diminui. Sendo assim, ao diluir uma solução de álcool etílico com água, a massa do álcool ( $m_1$ ) não se altera, sendo a mesma no início e no final do processo, porém o volume final será alterado. Dado isso, pode-se concluir que volume e concentração são grandezas inversamente proporcionais, logo as concentrações finais e iniciais podem ser descritas da forma abaixo, com as seguintes abreviações: concentração inicial ( $c_i$ ), massa do soluto ( $m_1$ ), volume inicial da solução ( $v_i$ ), concentração final ( $c_f$ ), massa do soluto ( $m_1$ ) e volume final da solução ( $v_f$ ).

$$\text{Cálculo da concentração inicial: } c_i = \frac{m_1}{v_i}$$

$$\text{Cálculo da concentração final: } c_f = \frac{m_1}{v_f}$$

Como a massa do soluto  $m_1$  é constante, há a possibilidade de igualar as expressões matemáticas de concentração inicial e final, eliminando o fator constante da expressão e chegando-se na seguinte equação do cálculo da concentração comum (equação da diluição):

$$c_i v_i = c_f v_f$$

Com isso, vale atentar-se às unidades no momento do cálculo, pois um equívoco muito comum ao aplicar a equação da diluição é utilizar concentrações de diferentes unidades, como, por exemplo, a diluição do etanol 96 °GL para 70 °INPM, sendo necessário efetuar a conversão adequada de unidades, pois 70 °INPM equivalem a 77 °GL.

### 3.3 Determinação do grau alcoólico

Para a efetiva verificação do grau alcoólico, é utilizado o alcoômetro centesimal de Gay-Lussac (GL), expresso em fração volumétrica (%v/v), que determina o teor alcoólico de misturas de água e álcool em uma escala variando de 0 a 100% vol, onde 0% indica água pura e 100% indica álcool puro (ANVISA, 2019).

O alcoômetro é comumente utilizado para misturas de água e álcool a 20 °C, sendo essa a temperatura na qual o instrumento é calibrado. Se, durante a medição da solução, a

temperatura observada for inferior ou superior a 20 °C, torna-se necessário ajustar a temperatura da solução para 20 °C ou utilizar tabelas de correção de temperatura (ANVISA, 2019).

Para a verificação do teor alcoólico nas soluções de água e álcool em fração mássica (m/m), pode-se utilizar a metodologia de densidade relativa ou, como foi adotado no presente trabalho, a verificação da graduação na tabela de alcoometria da Farmacopeia Brasileira disponibilizada pela ANVISA, presente no Anexo B deste trabalho.

### **3.4 Conversão de °GL para °INPM**

Como foi evidenciado, para uma determinação do grau alcoólico com confiabilidade metrológica, o alcoômetro de Gay-Lussac, ao ser inserido na solução água e álcool, necessita que a mesma esteja na temperatura de 20 °C na qual ele foi calibrado. Temperaturas fora deste padrão não permitem a indicação, pelo alcoômetro, de um valor confiável e sim uma medição aparente (com grau indeterminado de incerteza). Nesse caso, pode-se obter uma medição corrigida utilizando-se a Tábua da Força Real dos Líquidos Espirituosos (Tabela 3), que corrige o valor aparente para o real, com base na temperatura da solução álcool + água.

Na primeira linha horizontal da referida tabela, é indicado o valor aparente medido pelo alcoômetro de Gay-Lussac em °GL. A primeira coluna na vertical indica a temperatura real em que a solução de álcool e água se encontra, a qual pode ser medida previamente através de um termômetro de vidro, termopar ou qualquer outro medidor de temperatura disponível. Com isso, a interseção das duas linhas indica o valor corrigido do grau alcoólico medido pelo alcoômetro.

Por exemplo, em uma medição em que a amostra (mistura de álcool e água) esteja a 25 °C e, ao inserir o alcoômetro de Gay-Lussac na solução, o mesmo mostrar um valor de 80 °GL, pela Tábua da Força Real dos Líquidos Espirituosos (mostrada em destaque na Tabela 3), verifica-se a interseção entre as linhas vertical (temperatura medida = 25 °C) e horizontal (grau GL aparente = 80) e é obtido o valor corrigido do teor da amostra examinada, que é de 77 °GL:

Tabela 3- Tábua da força real dos líquidos espirituosos.

	<b>77c</b>	<b>78c</b>	<b>79c</b>	<b>80c</b>	<b>81c</b>	<b>82c</b>	<b>83c</b>
<b>29°C</b>	72,6	73,7	74,7	75,7	76,7	77,8	78,9
<b>28°C</b>	73,0	74,0	75,0	76,0	77,1	78,1	79,2
<b>27°C</b>	73,3	74,3	75,3	76,3	77,4	78,4	79,5
<b>26°C</b>	73,6	74,6	75,6	76,7	77,7	78,7	79,8
<b>25°C</b>	73,9	74,9	76,0	<b>77,0</b>	78,0	79,0	80,1
<b>24°C</b>	74,2	75,5	76,6	77,6	78,6	79,6	80,7
<b>23°C</b>	74,5	75,2	76,3	77,3	78,3	79,3	80,4
<b>22°C</b>	74,8	75,9	76,9	77,9	78,9	79,9	81,0
<b>21°C</b>	75,2	76,2	77,2	78,2	79,2	80,2	81,3

Fonte: Adaptado de ANVISA (2019)

Porém, caso se deseje obter esse valor em fração mássica (m/m), é possível ser feita a sua conversão através da tabela de alcoometria da Farmacopeia Brasileira, disponibilizada pela ANVISA (reproduzida, também parcialmente, na Tabela 4).

Tabela 4- Tabela de alcoometria para conversão de concentração volumétrica para mássica.

<b>% v/v</b>	<b>% p/p</b>	<b><math>\rho_{20}</math> (Kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>d (g/cm<sup>3</sup>)</b>
76,7	69,72	868,28	0,869843
76,8	69,83	868,02	0,869582
76,9	69,94	867,75	0,869312
<b>77,0</b>	<b>70,06</b>	867,48	0,869041
77,1	70,17	867,21	0,868771
77,2	70,28	866,94	0,868500
77,3	70,39	866,67	0,868230

Fonte: adaptado de ANVISA (2019).

Assim, depois de se obter o valor corrigido em %v/v com o auxílio da Tabela 3, igual a 77 °GL no exemplo aqui apresentado, realiza-se a conversão de °GL para °INPM, verificando-se a interseção da linha correspondente a 77,0% v/v com a coluna %pp na Tabela 4, que vai indicar o valor de 70,06%p/p ou 70,06 °INPM, sendo essa uma concentração ideal para a ação germicida.

### 3.5 Python

Criado ao final dos anos 80 e lançado pela primeira vez em 1991, o Python é uma linguagem de programação interpretada, orientada a objetos de alto nível, suportando módulos e pacotes. É uma das linguagens com uma grande ascensão devido à sua compatibilidade e capacidade de auxiliar outras linguagens (BANIN, 2018).

As linguagens de programação de alto nível são aquelas que estão mais próximas da linguagem humana, como, por exemplo, Javascript, C, C++ e Python; já as de baixo nível estão mais próximas da linguagem de máquina, a chamada linguagem binária, como Assembly. O objetivo principal das linguagens de alto nível é facilitar a maneira de programar, fazendo com que o programador utilize menos linhas de código, e de forma mais simples, enquanto que as de baixo nível têm como propósito a comunicação eficaz e otimizada com o computador (BANIN, 2018).

Tendo uma sintaxe de fácil compreensão e implementação de interpretação imediata, o Python é excelente para a área de Data Science, devido ao seu suporte a múltiplas bibliotecas gráficas, podendo trabalhar com análise e visualização de dados, além da sua política *open source*, que possibilita a qualquer pessoa criar novas bibliotecas, incentivando o crescimento contínuo para o melhoramento da linguagem.

O Python é utilizado por grandes empresas, como NASA, Google, LinkedIn, Instagram, Dropbox, entre outras, além de ser a linguagem de introdução à programação em universidades do mundo inteiro. De acordo com o ranking TIOBE, é atualmente a linguagem de programação mais popular do mundo (TIOBE, 2022).

### 3.6 Pycharm

Para a devida realização da programação, foi utilizado o Pycharm como ambiente integrado de desenvolvimento ou IDE (*Integrated Development Enviroment*). Os IDE's foram desenvolvidos a fim de criar códigos mais rapidamente e com maior eficiência. O PyCham é desenvolvido pela empresa JetBrains e fornece a análise de códigos, depurador gráfico, autocompletamento de código e capacidades de navegação que facilitam a escrita de código, além do suporte para HyperText Markup Language (HTML), javascript (JS) e Structured Query Language (SQL).

### **3.7 Bibliotecas**

As bibliotecas no Python são um conjunto de funções e módulos que reduzem a utilização de códigos no programa, facilitando a programação dos desenvolvedores e tendo diversas finalidades. Por meio delas, é possível fazer o tratamento de dados Python. No presente trabalho, foram utilizadas as bibliotecas Tkinter, Pandas e Pyinstaller.

#### **3.7.1 Tkinter**

Para a criação da interface gráfica, foi utilizada a biblioteca Tkinter, que já vem na biblioteca padrão do Python, possibilitando desenvolver interfaces gráficas de maneira rápida, dinâmica e eficiente. Sendo multiplataforma, permite o desenvolvimento para Windows, MacOS e Linux, reduzindo, dessa forma, problemas de incompatibilidade.

#### **3.7.2 Pandas**

O Pandas é uma biblioteca, para o uso em Python, que dispõe de ferramentas para análise e manipulação de dados, sendo possível trabalhar com diferentes tipos de dados, como planilhas Excel, tabelas SQL, Matrizes, facilitando o processo de tratamento e análise de informações.

#### **3.7.3 Pyinstaller**

O PyInstaller incorpora os arquivos Python referentes a um dado projeto, compilando em um único arquivo todas as bibliotecas, arquivos e interpretador Python necessários para execução do programa, podendo, assim, gerar programas executáveis para sistemas Linux, Windows ou MacOS sem a necessidade de uma pré-instalação. Ou seja, com o PyInstaller, o usuário pode gerar um arquivo executável de seu projeto no Python sem ser preciso ter uma IDE pré-instalada.

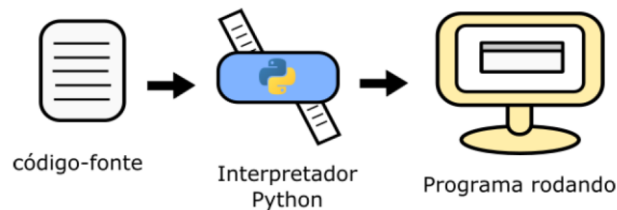
## 4. METODOLOGIA

Neste capítulo, são evidenciadas as metodologias de programação que foram utilizadas na construção da interface gráfica do *software*, parte essencial para interação do usuário com o sistema.

### 4.1 Criação do Programa

Um programa é uma sequência de instruções para a devida execução de operações de computação. Por mais complexo que seja o programa, ele sempre será composto por instruções, como, por exemplo, entrada de dados, testes lógicos, decisões, repetições e saída de dados. Conforme apresentado na Figura 3, o código-fonte é escrito e convertido por um compilador ou interpretador de modo que o computador seja capaz de executar o programa (DOWNEY, 2016).

Figura 3 - Fluxo de um programa Python.



Fonte: Adaptado de Downey B. Allen. (2016).

#### 4.1.2 Interface Gráfica

Neste tópico, são mostradas algumas imagens do código desenvolvido para a criação da interface gráfica, com a qual o usuário irá interagir diretamente.

Figura 4 - Início do Código-fonte em Python.

```
1 # Criado por Willisson S. Lima (11/07/2022)
2 # Tratamento de dados: Alcoometria
3
4 from tkinter import *
5     from tkinter import ttk
6     from tkinter import messagebox
7 import pandas as pd
8
```

Fonte: Autor (2022).

Como pode ser visto na Figura 4, inicialmente foi utilizada a biblioteca Tkinter do Python e todas as classes da biblioteca usando o “\*”. Dessa forma, é possível iniciar a criação de um objeto, sendo essa a janela principal, além de importar a biblioteca Pandas, alterando, por convenção, a sua nomenclatura para “pd”.

Figura 5 - Linhas 225 a 227.

```
225 raiz = Tk()
226 app = App(raiz)
227 raiz.mainloop()
```

Fonte: Autor (2022).

As linhas de código 225 a 227, mostradas na Figura 5, criam a janela principal, utilizando a classe TK (), sendo atribuída a variável raiz. Posteriormente, foi feita a classe App contendo as informações do programa e, por fim, o método *mainloop* é aplicado, o qual gera um *loop* que mantém o *software* rodando.

Figura 6 - Linhas 44 a 54.

```
44 class App(Funcoes):
45     def __init__(self, toplevel):
46         self.raiz = toplevel
47         self.raiz.title('Produção e qualidade do Álcool Etilico')
48         # Define o tamanho da janela
49         self.raiz.geometry("400x330")
50         # Impede de redimensionar a janela
51         self.raiz.resizable(False, False)
52         self.create_widgets()
53         self.raiz.configure(bg='#87CEEB')
54         self.Menus()
55
```

Fonte: Autor (2022).

A função das linhas 45 a 54, apresentadas na Figura 6, dentro da classe App, consiste em passar as características da janela, para inicializar os atributos em uma classe, utilizando o método `__init__` que configura as dimensões, como, por exemplo, o nome da janela raiz e as cores.

Além disso, também é chamado o método “create\_widget”, fornecendo todos os *widgets* necessários.

*Widgets*, em uma interface gráfica, são os elementos de interação – botões, menus e ícones, entre outros componentes fundamentais no Tkinter. As classes de *widgets* estão apresentadas e descritas na Tabela 5:

Tabela 5- Classes de Widgets no Tkinter.

Classe Widget	Descrição
Label	Rótulo utilizado para colocar texto
Button	Um botão que pode conter texto e realizar ações
Entry	Entrada de texto com apenas uma linha
Text	Entrada de texto com muitas linhas

Fonte: Adaptado de Downey B. Allen. (2016).

Além disso, há o *Frame widget*, que permite adicionar os *widgets*, organizar o *layout* e, por sua vez, os seus posicionamentos no Tkinter. Esse posicionamento pode ser realizado através de três métodos, o *pack*, o *grid* e o *place* (DOWNEY, 2016). Para gerenciar o *layout* do *software*, foi utilizado o método *pack*.

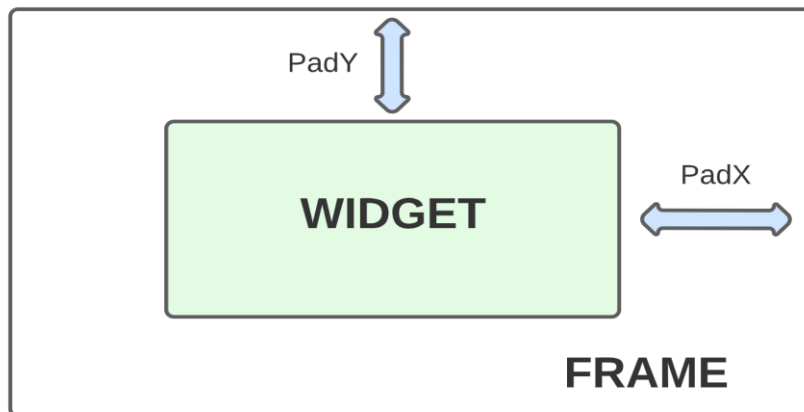
Figura 7 - Linhas 130 a 155.

```
130 def create_widgets(self):
131     # Cores
132     x = '#87CEEB' # Tela
133     v = '#FFFF00' # Bordas
134     k = '#F0FFF0' # Entrada de valores
135     w = '#2F4F4F' # Botoes
136
137     # Cria os frames
138     self.frame1 = Frame(self.raiz)
139     self.frame1.pack(fill=BOTH, padx=10, pady=5)
140     self.frame2 = Frame(self.raiz, bg=x)
141     self.frame2.pack(fill=BOTH, padx=10, pady=5)
142     self.frame3 = Frame(self.raiz, bg=x)
143     self.frame3.pack(fill=BOTH, padx=10, pady=5)
144     self.frame4 = Frame(self.raiz, bg=x)
145     self.frame4.pack(fill=BOTH, padx=10, pady=5)
146     self.frame5 = Frame(self.raiz, bg=x)
147     self.frame5.pack(fill=BOTH, padx=10, pady=5)
148     self.frame6 = Frame(self.raiz)
149     self.frame6.pack(fill=BOTH, padx=10, pady=15)
150     self.frame7 = Frame(self.raiz, bg=x)
151     self.frame7.pack(fill=BOTH, padx=10, pady=5)
152     self.frame8 = Frame(self.raiz, bg=x)
153     self.frame8.pack(fill=BOTH, padx=10, pady=5)
154     self.frame9 = Frame(self.raiz, bg=x)
155     self.frame9.pack(fill=BOTH, padx=10, pady=5)
```

Fonte: Autor (2022).

Nas linhas 138 a 155 (Figura 7), é feita a criação dos *frames*, obtendo-se nove no total. Cada *frame* pode abrigar *widgets*, sendo possível colocar os *frames* um ao lado do outro, através da metodologia *pack*. Dessa forma, é possível utilizar, dentro desse modo, alguns atributos com diversas aplicações, tais como, o *fill* que permite ao *widget* preencher todo o espaço disponibilizado, tanto na direção x ou y, quanto em ambas (*Both*). Por outro lado, os atributos *padx* e *pady* são utilizados somente para dar espaçamento entre os *frames*, como mostrado esquematicamente na Figura 8.

Figura 8 - Exemplo de utilização do *padx* e *pady*.



Fonte: Autor (2022).

As cores de fundo (*background* ou, abreviando, “bg”) foram atribuídas aos *frames* através da variável *x*, utilizando o padrão de cor hexadecimal (HEX), que consiste em seis letras ou números que representam a intensidade de vermelho, verde e azul (DOWNEY, 2016).

Dado isso, foram utilizadas as metodologias de classe *widget label* e *entry* para efetuar o preenchimento dos nove *frames* criados.

Figura 9 - Linhas 158 a 166.

```
157 # Textos
158 self.txt1_label = Label(self.frame1, text=f'{"DILUIÇÃO DE ÁLCOOL ETILICO":^80}',
159                        font=('Helvetica', 10, 'bold'), background='#EEDD82', foreground='black', bd=2,
160                        highlightbackground=v, highlightthickness=0.8)
161 self.txt1_label.pack(side=TOP)
162
163 self.txt2_label = Label(self.frame6, text=f'{"VERIFICAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DO ÁLCOOL ETILICO":^60}',
164                        font=('Helvetica', 10, 'bold'), background='#EEDD82', foreground='black', bd=2,
165                        highlightbackground=v, highlightthickness=0.8)
166 self.txt2_label.pack(side=TOP)
```

Fonte: Autor (2022).

Nas linhas de código 158 a 166 (Figura 9), são definidos os textos e sua estilização, para que o usuário possa escolher, se deseja efetuar a diluição do álcool etílico ou a verificação da concentração do produto já pronto. Para isso, foram utilizados os *frames* 01 e 06, respectivamente. Suas posições são definidas pelo atributo “Side” da metodologia *pack*, que determina onde colocar o *widget*, podendo assumir os seguintes valores: TOP, BOTTOM, LEFT e RIGHT.

Figura 10 - Linhas 169 a 186.

```
168 # Entrada de valores: Cálculo da diluição
169 self.conInicial_label = Label(self.frame2, text="Concentração inicial em"
170                               " °GL do alcool que deseja diluir:", bg=x)
171 self.conInicial_label.pack(side=LEFT)
172
173 self.conInicial_entry = Entry(self.frame2, width=10, bg=k)
174 self.conInicial_entry.pack(side=RIGHT)
175
176 self.conFinal_label = Label(self.frame3, text="Concentração final em °INPM que deseja obter:", bg=x)
177 self.conFinal_label.pack(side=LEFT)
178
179 self.conFinal_entry = Entry(self.frame3, width=10, bg=k)
180 self.conFinal_entry.pack(side=RIGHT)
181
182 self.litros_label = Label(self.frame4, text='Quantidade de Litros que deseja produzir:', bg=x)
183 self.litros_label.pack(side=LEFT)
184
185 self.litros_entry = Entry(self.frame4, width=10, bg=k)
186 self.litros_entry.pack(side=RIGHT)
```

Fonte: Autor (2022).

Nas linhas 169 a 186 (Figura 10), são utilizados os *frames* 02, 03, e 04, onde o *widget* Label cria textos na janela, enquanto o *widget* Entry cria uma caixa de entrada de dados. Nessa caixa de entrada de dados, o usuário insere as informações necessárias sobre a diluição do álcool etílico, quais sejam: a concentração inicial, a concentração final que deseja obter e, por fim, a quantidade de litros que o usuário deseja produzir.

Figura 11 - Linhas 189 a 200.

```
188 # Entrada de valores: Verificação da concentração
189 self.temperatura_label = Label(self.frame7, text='Digite a temperatura da amostra na faixa de 10°C a 30°C:',
190                               bg=x)
191 self.temperatura_label.pack(side=LEFT)
192
193 self.temperatura_entry = Entry(self.frame7, width=11, bg=k)
194 self.temperatura_entry.pack(side=RIGHT)
195
196 self.alcometro_label = Label(self.frame8, text='Digite o valor observado no alcometro de 56 a 100c:', bg=x)
197 self.alcometro_label.pack(side=LEFT)
198
199 self.alcometro_entry = Entry(self.frame8, width=11, bg=k)
200 self.alcometro_entry.pack(side=RIGHT)
```

Fonte: Autor (2022).

Para o cálculo da concentração do álcool etílico, foram utilizados os *frames* 07 e 08, descritos nas linhas 189 a 200 (Figura 11). Nesses *frames*, o *widget* Entry recebe o valor da temperatura da amostra, que pode variar de 10 °C a 30 °C, e o valor obtido no alcoômetro de Gay Lussac, na faixa de 56c a 100c (56 a 100 °GL). O *software* utiliza o banco de dados das tabelas dos anexos A e B, referentes, respectivamente, à Tábua da Força Real dos Líquidos Espirituosos e a tabela de alcoometria da Farmacopeia Brasileira, ambas disponibilizadas pela ANVISA.

Figura 12 - Linhas 204 a 221.

```
202 # Aparência do botão
203
204 style = ttk.Style()
205 style.theme_use('alt')
206 style.configure('TButton', background=w, foreground='white', height=5,
207                 width=9, focusthickness=3, focuscolor='none', font=('Helvetica', 9, 'bold'), )
208 style.map('TButton', background=[('active', w)])
209
210 # Botões
211 button = ttk.Button(self.frame5, text="Calcular", command=self.calculo_diluvicao)
212 button.pack(side=RIGHT)
213
214 button = ttk.Button(self.frame9, text="Calcular", command=self.calculo_concentracao)
215 button.pack(side=RIGHT)
216
217 button = ttk.Button(self.frame9, text="Limpar", command=self.limpa_tela)
218 button.pack(side=RIGHT)
219
220 button = ttk.Button(self.frame5, text="Limpar", command=self.limpa)
221 button.pack(side=RIGHT)
```

Fonte: Autor (2022).

As linhas 204 a 221 (Figura 12) são responsáveis por inserir os botões na tela do usuário, utilizando os *frames* 05 e 09, nos quais foi inserida a classe *widget* Button, cuja função é executar o cálculo, com base nos dados inseridos, ou limpar as informações digitadas pelo usuário.

Dessa forma, tendo todos os *frames* preenchidos e detalhados, é gerada a saída de dados do *software*. Com isso, o usuário já pode interagir e adicionar os respectivos dados nos campos de entrada do *software*, para que seja efetuado o cálculo da diluição do álcool etílico ou a verificação da concentração do produto final. A aparência final da interface é vista na Figura 13.

Figura 13 - Aparência final da interface gráfica.

Produção e qualidade do Álcool Etílico

Opções

**DILUIÇÃO DE ÁLCOOL ETÍLICO**

Concentração inicial em °GL do alcool que deseja diluir:

Concentração final em °INPM que deseja obter:

Quantidade de Litros que deseja produzir:

Limpar Calcular

**VERIFICAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DO ÁLCOOL ETÍLICO**

Digite a temperatura da amostra na faixa de 10°C a 30°C:

Digite o valor observado no alcometro de 56 a 100c:

Limpar Calcular

Fonte: Autor (2022).

#### 4.1.3 Códigos de cálculo da diluição do álcool etílico

A construção interna do *software* foi dividida em duas partes, uma para a execução do cálculo da diluição do álcool etílico e outra para a verificação da concentração do produto final, sendo estas funções independentes entre si. Logo, o usuário pode escolher efetuar cada um dos cálculos ou ambos, além do que o *software* pode analisar e tratar possíveis erros de digitação ou de lógica que possam eventualmente ocorrer.

Figura 14 - Linhas 9 e 10.

```
9   tabela = pd.read_excel(r'alcoometria.xlsx')
10  temperatura = pd.read_excel(r'temp.xlsx')
```

Fonte: Autor (2022).

Para o cálculo das duas funções citadas acima, é necessária a utilização das tabelas do anexo A e B disponibilizadas pela ANVISA. Com o auxílio da biblioteca Pandas, é possível

importar e efetuar a análise de dados de outros sistemas ou programas, como arquivos do Microsoft Excel (.xlsx), por exemplo. Dessa maneira, as linhas 8 e 9 (Figura 14) têm a função de efetuar essa importação de dados que serão utilizados pelo programa em Python, para o cálculo da diluição do álcool ou para a verificação da concentração do etanol.

Figura 15 - Linhas 57 a 81.

```
57 def calculo_diluicao(self):
58     ct = float(self.conInicial_entry.get())
59     cf = float(self.conFinal_entry.get())
60     vf = float(self.litros_entry.get())
61
62     seq = [x / 1 for x in range(0, 101)] # cria uma lista de 0 a 100 variando em 1
63     t = seq.index(cf) # encontra a posição da linha do valor em °INPM
64     ci = conv["°GL"][t] # Converte de °INPM para °GL
65
66     vi = (ci * vf) / ct # Efetua o cálculo da diluição
67
68     if ci >= ct: # Analisa se é possível diluir
69         messagebox.showerror('Diluição do Álcool Etílico', f'Não é possível diluir {ct} °GL em {cf} °INPM! '
70                             '\nTente uma concentração final menor que a inicial.')
71     elif vf <= 1:
72         messagebox.showinfo('Diluição do Álcool Etílico',
73                             f'Para a produção de {vf} Litro de álcool Etílico a {cf}%. '
74                             f'\nSerá necessário {vi*1000:.1f} mL de Álcool Etílico {ct}°GL.'
75                             f'\nCom {(vf - vi)*1000:.1f} mL de Água destilada.')
76     else:
77         messagebox.showinfo('Diluição do Álcool Etílico',
78                             f'Para a produção de {vf} Litros de álcool Etílico a {cf}%. '
79                             f'\nSerá necessário {vi:.3f} Litros de Álcool Etílico {ct}°GL.'
80                             f'\nCom {vf - vi:.3f} Litros de Água destilada.')
```

Fonte: Autor (2022).

A Figura 15 mostra as linhas 57 a 81, cujas funções são discutidas a seguir. Objetivando efetuar o cálculo da diluição do álcool etílico, as linhas 58 a 60 tem a função de coletar os dados inseridos na interface gráfica pelo usuário, com a função “get”. Assim, as variáveis ct, cf e vf representam, respectivamente, as concentrações inicial e final do etanol, e o volume (em litros) da solução que será obtida. Por sua vez, as linhas 62 a 64 são responsáveis por utilizar a informação que foi inserida no campo “Concentração final” pelo usuário em °INPM e efetuar a conversão para °GL. Posteriormente, a linha 66 faz o cálculo do volume de álcool etílico necessário para se obter as especificações exigidas pelo usuário. As linhas 68 e 69 realizam o tratamento de erros, verificando se a concentração desejada é menor que a concentração inicial digitada. Por fim, as linhas 71 a 81 tem a função de mostrar ao usuário o resultado encontrado.

#### 4.1.4 Códigos de cálculo da verificação da concentração do álcool etílico

Para o cálculo da verificação da concentração do álcool etílico, o processo se inicia com o usuário coletando as informações necessárias para a análise do produto, sendo elas a temperatura da solução e o valor aparente indicado pelo alcoômetro de Gay Lussac. Dessa forma, basta inserir os valores no *software* e o mesmo efetuará a análise, utilizando o banco de dados referente aos anexos A e B, já mencionados. O *software* retornará ao usuário as informações corrigidas de concentração em °GL e o valor convertido para °INPM.

Figura 16 - Linhas 85 a 102.

```
83     def calculo_concentracao(self):
84
85         temp = int(self.temperatura_entry.get()) # Pega o valor digitado na interface
86         gl = int(self.alcometro_entry.get()) # Pega o valor digitado na interface
87
88         if temp not in range(10, 31):
89             messagebox.showerror('Concentração do Álcool Etílico',
90                                 f'0 valor inserido está incorreto !'
91                                 f'\nTente novamente na faixa entre 10°C a 30°C.')
92         elif gl not in range(56, 101):
93             messagebox.showerror('Concentração do Álcool Etílico',
94                                 f'0 valor inserido está incorreto !'
95                                 f'\nTente novamente na faixa entre 56C a 100C.')
96
97         temp_list = [c for c in range(30, 9, -1)] # Cria uma lista de indice pra localizar a posição da temperatura
98         po = temp_list.index(temp) # Localiza a posição da temperatura
99
100        if temperatura[f"{gl}c"][po] == 0: # Situação caso a temperatura não esteja na tabela
101            messagebox.showerror('Concentração do Álcool Etílico', 'Não foi possível converter,'
102                                '\n tente um temperatura diferente!')
```

Fonte: Autor (2022).

Para o devido tratamento de erros, as linhas 85 a 102 (Figura 16) verificam possíveis incongruências, tais como valores inseridos incorretamente ou fora do intervalo esperado. Caso isso ocorra, aparecerá uma caixa de mensagem de erro, mostrando o problema detectado para que, dessa forma, o usuário possa realizar as correções necessárias.

Figura 17 - Linhas 112 a 128.

```
112 else:
113     we = temperatura[f"{gl}c"][po] # salva o valor corrigido da da tabela temperatura faz a interseção da linha
114     seq = [x / 10 for x in range(0, 1001)] # cria uma lista de 0 a 100 variando em 0,1
115     t = seq.index(we) # encontra a posição da linha do valor em °GL
116
117     if 68 < tabela["INPM"][t] <= 72:
118
119         messagebox.showinfo('Concentração do Álcool Etilico',
120                             f'0 valor em °GL real: {temperatura[f"{gl}c"][po]}°GL'
121                             f'\n0 valor final em °INPM: {tabela["INPM"][t]}'
122                             f'\n0 álcool a {tabela["INPM"][t]}% possui concentração'
123                             f' ótima para o efeito bactericida.')
124
125     else:
126         messagebox.showinfo('Concentração do Álcool Etilico',
127                             f'0 valor em °GL real: {gl}°GL'
128                             f'\n0 valor final em °INPM: {tabela["INPM"][t]}')
```

Fonte: Autor (2022).

Se os dados forem inseridos corretamente, as linhas 112 a 128 (Figura 17) fazem a análise dos valores e efetuam os cálculos. Caso o valor final encontrado esteja na faixa de 68 a 72 °INPM, o *software* informa ao usuário que o seu produto tem um excelente teor para ação bactericida, de acordo com os dados estabelecidos pela ANVISA na Farmacopéia Brasileira, no capítulo de alcoometria.

Sendo assim, com o *software* pronto, foi utilizado no terminal de comando do Pycharm o PyInstaller, que incorpora todas as bibliotecas, linhas de código e módulos utilizados em um único arquivo executável (.exe). Dessa forma, não será necessário instalar uma IDE no computador para executar o *software*. No caso em referência, foi criado um arquivo .exe para o sistema operacional Windows, permitindo assim que qualquer computador com o sistema da Microsoft possa rodar o sistema.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo, são apresentados os resultados obtidos, bem como a construção do código-fonte referente aos cálculos de diluição e verificação do teor alcoólico do álcool etílico.

### 5.1 Tratamento de erros

No que se refere a tratamento de erros, o *software* analisa os dados inseridos pelo usuário antes de efetuar os cálculos, verificando se é possível a sua execução. Se o usuário, por exemplo, digitar os dados para uma pretendida diluição de um álcool 70 °GL para 96 °INPM, como mostra a Figura 18, o *software* identificará que isso não é possível, pois se trata de um processo de concentração e não de diluição.

Figura 18- Entrada de dados para análise no software.

Produção e qualidade do Álcool Etílico

Opções

**DILUIÇÃO DE ÁLCOOL ETÍLICO**

Concentração inicial em °GL do alcool que deseja diluir: 70

Concentração final em °INPM que deseja obter: 96

Quantidade de Litros que deseja produzir: 1

Limpar Calcular

**VERIFICAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DO ÁLCOOL ETÍLICO**

Digite a temperatura da amostra na faixa de 10°C a 30°C:

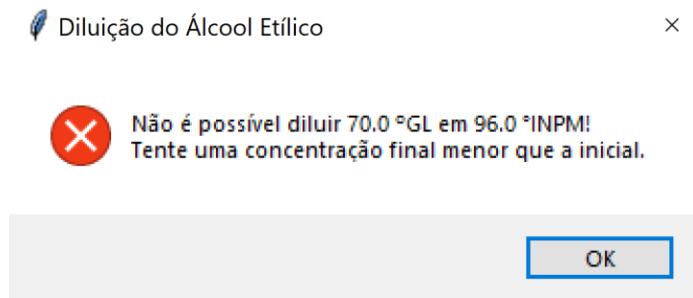
Digite o valor observado no alcometro de 56 a 100c:

Limpar Calcular

Fonte: Autor (2022).

Assim, com o auxílio da função “messagebox” importada pelo *software* na linha 6 do código-fonte, será emitida uma mensagem indicando o erro ao usuário, como pode ser visto na Figura 19 em relação ao exemplo acima.

Figura 19 - Caixa de mensagens de erro ao usuário.



Fonte: Autor (2022).

Outra possível situação ocorreria se fossem inseridos valores de temperatura e grau alcoólico fora das faixas de análise alcançadas pelo *software*, quais sejam, temperatura entre 10 e 30 °C e grau alcoólico centesimal de 56c a 100c (correspondentes aos mesmos valores em °GL), como exemplifica a Figura 20.

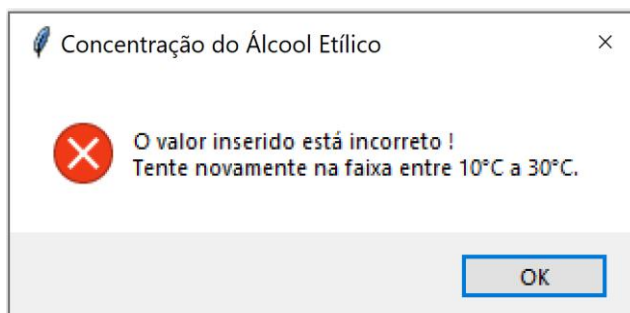
Figura 20 - Entrada de dados para análise no software.

A screenshot of a software application window titled "Produção e qualidade do Álcool Etílico". The window has standard minimize, maximize, and close buttons. Below the title bar, there is a section labeled "Opções". The main area is divided into two sections. The first section, "DILUIÇÃO DE ÁLCOOL ETÍLICO", has a yellow header and contains three input fields: "Concentração inicial em °GL do alcool que deseja diluir:", "Concentração final em °INPM que deseja obter:", and "Quantidade de Litros que deseja produzir:". Below these fields are "Limpar" and "Calcular" buttons. The second section, "VERIFICAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DO ÁLCOOL ETÍLICO", also has a yellow header and contains two input fields: "Digite a temperatura da amostra na faixa de 10°C a 30°C:" with the value "55" entered, and "Digite o valor observado no alcometro de 56 a 100c:" with the value "30" entered. Below these fields are "Limpar" and "Calcular" buttons. A red rectangular box highlights the second section.

Fonte: Autor (2022).

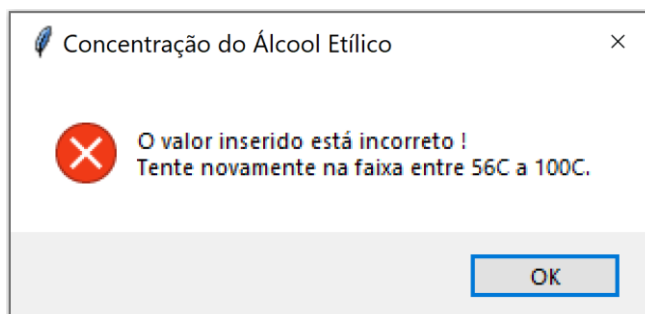
Ao verificar que os dados inseridos estão divergentes do esperado, o *software* ativa a função “messagebox”, retornando ao usuário a informação com o erro encontrado, como pode ser visto na Figuras 21 com referência ao exemplo acima mostrado. É importante atentar que o *software* evidencia somente um erro por vez. Caso seja identificado mais de um erro, como no exemplo da Figura 20, o segundo erro encontrado é mostrado após a correção do primeiro, como pode ser visto na Figura 22.

Figura 21- Caixa de mensagens de erro na temperatura inserida.



Fonte: Autor (2022).

Figura 22- Caixa de mensagens de erro na faixa de valor inserido.



Fonte: Autor (2022).

Assim, com todos os valores inseridos corretamente, o *software* está apto a efetuar os cálculos, seja ele de diluição ou de verificação da concentração.

## 5.2 Cálculo da diluição do álcool etílico

Para efetuar o cálculo da diluição, são necessárias três informações: a concentração inicial que se deseja diluir, em °GL (pois comumente a distribuição de álcool etílico pelas

indústrias nacionais utiliza a graduação nessa unidade), a concentração final que se deseja obter, em °INPM, e a quantidade de litros que se deseja produzir, como no exemplo dado na Figura 23.

Figura 23- Exemplo de entrada de dados no software.

The image shows a software window titled "Produção e qualidade do Álcool Etílico". It contains two main sections. The first section, "DILUIÇÃO DE ÁLCOOL ETÍLICO", has three input fields: "Concentração inicial em °GL do álcool que deseja diluir" with the value 96, "Concentração final em °INPM que deseja obter" with the value 70, and "Quantidade de Litros que deseja produzir" with the value 5. Below these fields are two buttons: "Limpar" and "Calcular". The second section, "VERIFICAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DO ÁLCOOL ETÍLICO", has two input fields: "Digite a temperatura da amostra na faixa de 10°C a 30°C" and "Digite o valor observado no alcometro de 56 a 100c", both currently empty. Below these fields are also two buttons: "Limpar" and "Calcular".

Fonte: Autor (2022).

Assim, ao se clicar no botão com a função “Calcular”, para a fabricação de 5 litros de álcool etílico 70 °INPM tendo como base um álcool 96 °GL, é esperado que o *software* aplique a equação da diluição efetuando os seguintes cálculos:

$$c_i v_i = c_f v_f$$

Logo:

$$96 \text{ } ^\circ \text{GL} * v_i = 70 \text{ } ^\circ \text{INPM} * 5L$$

Para se efetuar esse cálculo sem o *software*, adota-se o seguinte procedimento. Como a concentração final está em °INPM, é necessário efetuar a conversão para °GL, assim como é orientado pela Farmacopeia Brasileira. Com o auxílio das tabelas do Anexo B, é verificado o seu valor na coluna %p/p, que representa a percentagem de álcool etílico em fração mássica ou em °INPM. Ao localizar o valor de 70%p/p, o dado ao lado, na coluna %v/v, representa a conversão direta em fração volumétrica, ou °GL, como pode ser observado no recorte da tabela alcoométrica a seguir.

Tabela 6- Recorte da tabela alcoométrica da Farmacopeia Brasileira.

% v/v	% p/p	$\rho_{20}$ (Kg/m <sup>3</sup> )	d (g/cm <sup>3</sup> )
76,7	69,72	868,28	0,87
76,8	69,83	868,02	0,87
76,9	69,94	867,75	0,87
77,0	70,06	867,48	0,87
77,1	70,17	867,21	0,87
77,2	70,28	866,94	0,87
77,3	70,39	866,67	0,87

Fonte: Adaptado de ANVISA (2019).

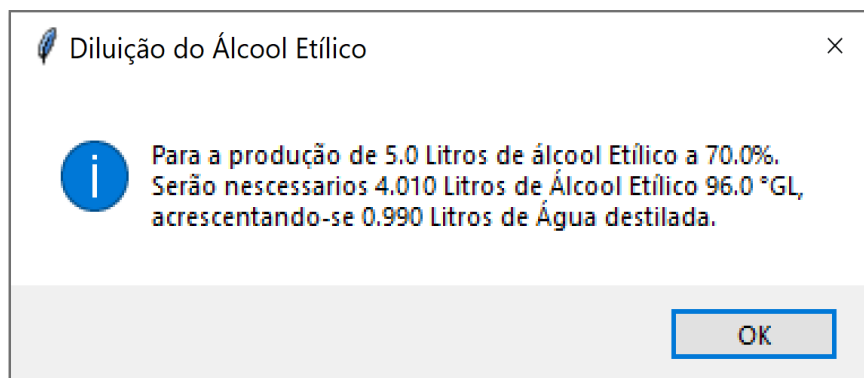
Dessa forma, vemos que 70 °INPM corresponde a 77 °GL. Assim, substituindo o valor encontrado na equação da diluição, tem-se o volume do álcool concentrado (96 °GL) necessário:

$$v_i = \frac{77^\circ \text{ GL} * 5\text{L}}{96^\circ \text{ GL}} = 4,010 \text{ L}$$

Portanto, o volume inicial de etanol (concentrado) necessário para fabricar 5 L de álcool etílico diluído é de 4,010 L. Pela diferença entre os volumes final ( $v_f$ ) e inicial ( $v_i$ ), a quantidade de água destilada para a produção adequada de álcool 70 °INPM é de 0,990 L ou 990 mL.

Já com o uso do *software* desenvolvido neste trabalho, ao serem inseridos corretamente os valores nos campos devidos, ele retorna os resultados ao usuário através da função “messagebox”, como pode ser visto na Figura 24.

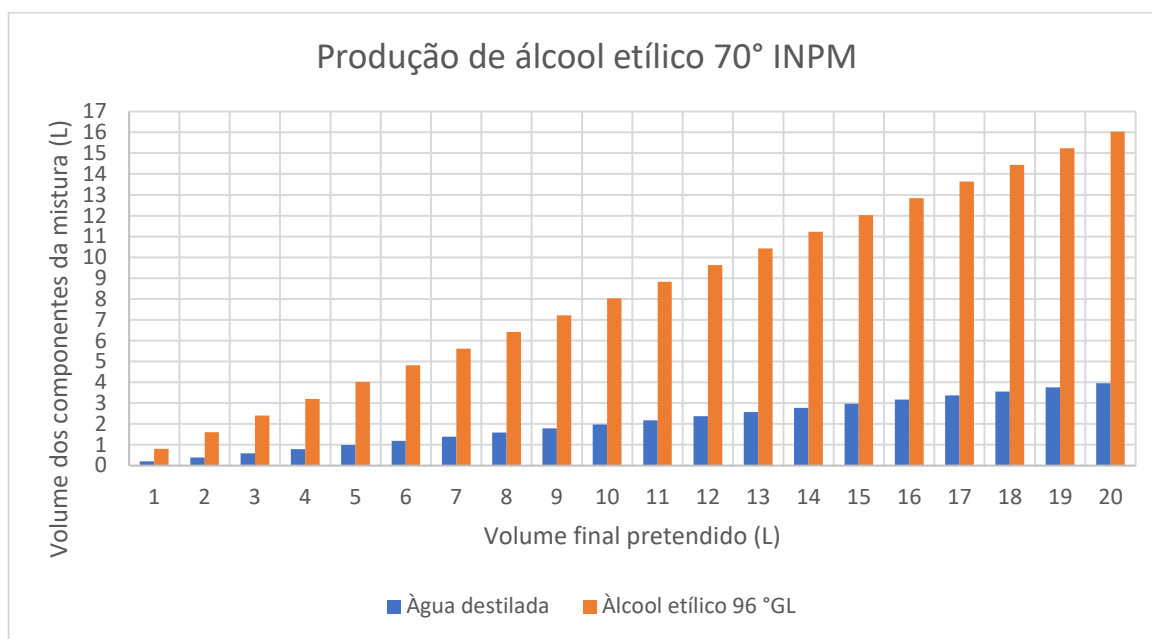
Figura 24 - Caixa de mensagens com os dados de diluição.



Fonte: Autor (2022).

Assim, para a obtenção de álcool etílico em diversas graduações, é possível plotar um gráfico (Figura 25) da quantidade estimada em litros de matéria prima, tendo como base os dados disponibilizados pelo *software* na temperatura padrão de 20 °C.

Figura 25 - Gráfico da quantidade de matéria prima necessária para a produção de álcool etílico a 20 °C.



Fonte: Autor (2022).

O gráfico apresentado na Figura 25 evidencia as quantidades necessárias em litros de água destilada e álcool etílico 96 °GL para a produção de 1 a 20 litros de álcool 70 °INPM.

### 5.3 Cálculo da verificação da concentração do álcool etílico.

Para a análise da verificação da concentração do álcool etílico, o usuário deve inserir os dados medidos da temperatura e também do valor aparente obtido no alcoômetro de Gay Lussac, como no exemplo dado na Figura 26.

Figura 26 - Exemplo de entrada de dados no software.

Fonte: Autor (2022).

Para o exemplo acima, a uma temperatura 26 °C e um teor alcoólico aparente de 82c (82 °GL), o *software* utiliza primeiramente os dados da tabela do Anexo A, para obter o teor alcoólico corrigido, como mostrado na Tabela 7.

Tabela 7- Valor real de teor alcoólico de 82c a 26°C.

	79c	80c	81c	82c	83c	84c	85c
30°C	74,4	75,4	76,4	77,5	78,6	79,6	80,6
29°C	74,7	75,7	76,7	77,8	78,9	79,9	80,9
28°C	75,0	76,0	77,1	78,1	79,2	80,2	81,2
27°C	75,3	76,3	77,4	78,4	79,5	80,5	81,5
26°C	75,6	76,7	77,7	78,7	79,8	80,8	81,8
25°C	76,0	77,0	78,0	79,0	80,1	81,1	82,1
24°C	76,6	77,6	78,6	79,6	80,7	81,7	82,7
23°C	76,3	77,3	78,3	79,3	80,4	81,4	82,4
22°C	76,9	77,9	78,9	79,9	81,0	82,0	83,0

Fonte: Adaptado de ANVISA (2019).

Com a informação obtida na Tabela dos Líquidos Espirituosos, que é o valor corrigido – para essa temperatura (26 °C) – do teor alcoólico, valor esse igual a 78,7c, que pode ser lido também como sendo uma fração volumétrica (%v/v, ou °GL), o *software* analisará o seu equivalente em fração mássica (%p/p, ou °INPM) com base na tabela do Anexo B.

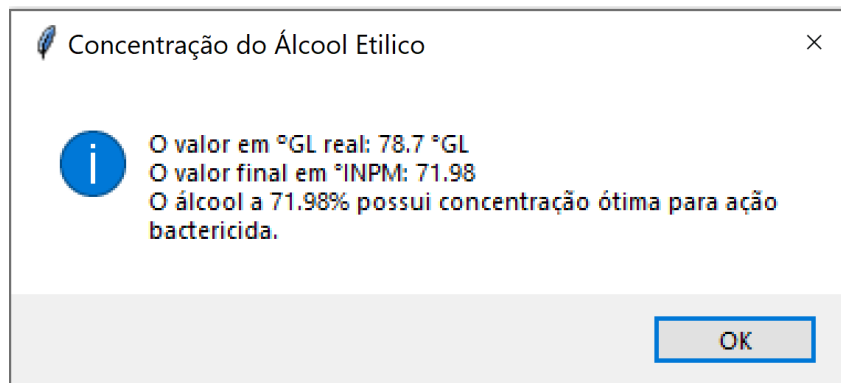
Tabela 8 - Valor convertido de % v/v para % p/p.

% v/v	% p/p	$\rho_{20}$ (Kg/m <sup>3</sup> )	d (g/cm <sup>3</sup> )
78,50	71,76	863,41	0,86
78,60	71,87	863,14	0,86
<b>78,70</b>	<b>71,98</b>	862,86	0,86
78,80	72,10	862,59	0,86
78,90	72,21	862,31	0,86
79,00	72,33	862,04	0,86

Fonte: Adaptado de ANVISA (2019)

Assim, o valor da concentração em 78,7 °GL é convertido para 71,89 °INPM. O *software* retorna essas informações ao usuário da forma observada na Figura 27.

Figura 27- Caixa de mensagens com o resultado de teor alcoólico em °GL e °INPM.



Fonte: Autor (2022).

Uma vez que o resultado da análise de concentração do álcool etílico esteja na faixa de 68 a 72 °INPM, o *software* exibe na mensagem a informação de que o produto possui excelente ação bactericida.

## 6. CONCLUSÃO

Conforme evidenciado, devido aos efeitos da pandemia gerados pelo vírus da COVID-19, o mercado nacional e internacional observou uma elevação abrupta na produção e distribuição de álcool etílico para limpeza e desinfecção das mãos e de superfícies, devido à sua facilidade de utilização como agente bactericida. Porém, é necessário um controle rigoroso de qualidade na produção do etanol, visto que o mesmo, em concentrações diferentes de 68% a 72%, pode perder fortemente sua eficácia da ação germicida.

Apesar de ser um processo relativamente simples, em 2021, uma indústria de alimentos no Rio Grande do Norte, com cerca de 48 funcionários na produção, teve metade dos funcionários infectados com o novo coronavírus em um período de uma semana. Ao ser feita a análise do álcool etílico utilizado na empresa, constatou-se que o mesmo continha um teor equivalente a 42 °INPM, sendo totalmente ineficiente para a desinfecção de vírus e bactérias. Pensando nisso, o *software* foi desenvolvido visando automatizar o processo de cálculo de diluição e análise de teor alcoólico de misturas de álcool etílico e água, para que seja reduzida a probabilidade de erros humanos no momento de diluição e da verificação do grau alcoólico.

Os conteúdos apresentados neste trabalho contribuem para o processo de produção e controle de qualidade do álcool etílico de acordo com as normas da ANVISA. Utilizando a linguagem Python, foi desenvolvida uma interface gráfica simples e de rápida execução. O *software* desenvolvido foi testado em diversas situações, objetivando aplicar melhorias de acordo com as necessidades do usuário, seja ele um profissional de laboratório de análises ou uma pessoa do público geral. Dessa forma, o *software*, que podemos chamar de Alcohol Quality Control, pode auxiliar na garantia de qualidade de um produto final, colaborando com o combate ao coronavírus e com a manutenção da saúde pública brasileira.

Para futuras melhorias acerca do *software*, é possível ser implementada uma versão para *mobile* com o auxílio da linguagem de programação Java ou ainda ser disponibilizado em páginas web para utilização *online*, integrando o Python com uma linguagem base para desenvolver um *site* com o HyperText Markup Language (HTML) e estilizá-lo com Cascading Style Sheets (CSS), respectivamente. Dessa forma, serão abertas portas para que cada vez mais pessoas, onde quer que estejam, possam utilizar da plataforma como ferramenta no auxílio do controle da qualidade na produção de álcool etílico.

## 7. REFERÊNCIAS

- ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Segurança do Paciente em Serviços de Saúde, Limpeza e Desinfecção de Superfícies**. 1ºed, Brasília: Agência Nacional de Vigilância Sanitária Sia, 2010.
- ANVISA. **Farmacopeia Brasileira**. 6º ed. Brasília: Agência Nacional de Vigilância Sanitária Sia, 2019. 874 p.
- ANVISA. **Importância do Álcool no controle de infecções em serviços de saúde**. [s.l], 2002. Disponível em: <[https://www.anvisa.gov.br/servicosaude/controle/controle\\_alcool.pdf](https://www.anvisa.gov.br/servicosaude/controle/controle_alcool.pdf)>. Acesso em: 13 jun. 2022.
- BARBOSA, L. C. **Introdução à química orgânica**. 2º ed. São Paulo: Prentice Hall, 2004.
- CERQUEIRA, L. Rogério. O Etanol combustível no Brasil. **Biocombustíveis no Brasil: Realidades e Perspectivas**. v.2. p.61-75, 2014.
- CFQ – Conselho Federal de Química. **Esclarecimentos sobre álcool gel caseiro, limpeza de eletrônicos e outros**. 2020. Disponível em: <<http://cfq.org.br/noticia/nota-oficial-esclarecimentos-sobre-alcool-gel-caseiro-higienizacao-de-eletronicos-e-outros/>>. Acesso em 23 jun. 2022
- CLYDEN, Jonathan et al. **Organic Chemistry**. 2º ed. Nova York: OUP Oxford, 2012.
- CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Brasil alcança a maior produção de etanol da história**. 2020. Disponível em: <<https://www.gov.br/pt-br/noticias/agricultura-e-pecuaria/2020/04/brasil-alcanca-a-maior-producao-de-etanol-da-historia>>. Acesso em: 25 jun. 2022.
- CONTESINI, Leonardo. **O etanol combustível brasileiro é mesmo tão problemático?** 2022. Disponível em: <<https://flatout.com.br/etanol-combustivel-brasileiro/>>. Acesso em: 26 nov. 2022.
- DOWNEY B. ALLEN, **Pense em Python**. 1º ed. São Paulo : Novatec Editora Ltda, 2016.
- FAPESP. Avião agrícola movido a álcool. **Revista pesquisa Fapesp**. 105ed, novembro 2004.
- FELDER, Richard M.; ROUSSEAU, Ronald W. **Princípios elementares dos processos químicos**. 3ª ed. Rio de Janeiro: Editora LTC, 2005.
- FIORAVANTI, C. As artesãs do etanol. **Revista pesquisa Fapesp**. 165 ed, novembro 2009.
- GARCIA, C. Fernando. **Química Orgânica: Estrutura e Propriedades**. 1ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.
- LELIS NETO, J. A. **Monitoramento de componentes químicos da vinhaça aplicados em diferentes tipos de solo**. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2008.
- MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 75, de 31 de dezembro de 2019**. Brasília, 2019.
- MIMS, Cedric A. **Microbiologia médica**. São Paulo: Manole, 1999.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Resolução-RDC nº 46, de 20 de fevereiro de 2002**. Brasília, 2002.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Resolução de Diretoria Colegiada – RDC Nº 422, de 16 de setembro de 2020**. Brasília, 2020.

NOVA CANA. **Anidro ou Hidratado: diferenças**. [s.l]. Disponível em: </https://www.novacana.com/etanol/anidro-hidratado-diferencas/>. Acesso em: 09 jun. 2022.

NOVA CANA. **Processos da fabricação do etanol**. [s.l]. Disponível em: </https://www.novacana.com/etanol/fabricacao/>. Acesso em: 09 jun. 2022.

PETROBRAS. **Por que é adicionado etanol na gasolina?**. [s.l] 2015. Disponível em: </https://duvidasgasolina.petrobras.com.br/por-que-e-adicionado-etanol-na-gasolina/>. Acesso em: 13 jun. 2022.

PIRACICABA ENGENHARIA. **Vinhaça – Principais técnicas de utilização**. [s.l], 22 nov. 2015. Disponível em: </https://www.piracicabaengenharia.com.br/vinhaca-principais-tecnicas-de-utilizacao/>. Acesso em: 10 jun. 2022.

PYTHON ORG. **Python interface to Tcl/Tk**. [s.l] 2022. Disponível em: </https://docs.python.org/3/library/tkinter.html/>. Acesso em: 11 set 2022.

SARDELLA, Antônio; MATEUS, Edegar; **Curso de Química: Química geral**, 1º ed. Ática, São Paulo/SP, 1995.

SOLOMONS, T.W. Graham. **Química Orgânica**. 12º ed. Rio de Janeiro: LTC, 2018. 600p.

STEPHEN, O. G. **The Programming Language Rankings 2020**. [S.l.] 2020. Disponível em: </https://redmonk.com/sogrady/2020/07/27/language-rankings-6-20/>. Acesso em: 26 jun. 2022.

TIOBE. **TIOBE Index**. [s.l]. 2022. disponível em: </https://www.tiobe.com/tiobe-index/>. Acesso em: 11 set. 2022.

VIEGAS, T. **Competitividade internacional do etanol brasileiro: oportunidades e ameaças**. Rio de Janeiro: Infopetro, Instituto de Economia: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2010.

VOLLHARDT, K. Peter C.; SCHORE, Neil E. **Química Orgânica: estrutura e função**. 4.ed. Porto Alegre: Bookman, 2004. 1112p. (p.259-307).

# ANEXO A: TÁBUA DA FORÇA REAL DOS LÍQUIDOS ESPIRITUOSOS

## TÁBUA DA FORÇA REAL DOS LÍQUIDOS ESPIRITUOSOS INDICAÇÃO DO ALCOÔMETRO (força aparente)

Temp. °C	56c	57c	58c	59c	60c	61c	62c	63c	64c	65c	66c	67c	68c	69c	70c
30°	50,6	51,6	52,6	53,6	54,7	55,7	56,7	57,8	58,8	59,9	60,9	61,9	63,0	64,0	65,0
29°	51,0	52,0	53,0	54,0	55,0	56,0	57,1	58,1	59,2	60,2	61,2	62,3	63,3	64,3	65,4
28°	51,3	52,3	53,3	54,4	55,4	56,4	57,5	58,5	59,5	60,6	61,6	62,6	63,7	64,7	65,7
27°	51,7	52,7	53,7	54,8	55,8	56,8	57,8	58,9	59,9	60,9	61,9	63,0	64,0	65,0	66,0
26°	52,0	53,0	54,0	55,1	56,1	57,1	58,1	59,2	60,2	61,3	62,3	63,3	64,3	65,3	66,4
25°	52,4	53,4	54,4	55,5	56,5	57,5	58,5	59,5	60,6	61,6	62,6	63,7	64,7	65,7	66,7
24°	52,8	53,8	54,8	55,8	56,8	57,8	58,9	59,9	61,0	62,0	63,0	64,0	65,0	66,0	67,1
23°	53,1	54,1	55,1	56,1	57,1	58,1	59,2	60,2	61,3	62,3	63,3	64,3	65,4	66,4	67,4
22°	53,5	54,5	55,5	56,5	57,5	58,5	59,5	60,6	61,6	62,7	63,7	64,7	65,7	66,7	67,8
21°	53,9	54,9	55,9	56,9	57,9	58,9	59,9	61,0	62,0	63,0	64,0	65,0	66,0	67,0	68,1
20°	54,2	55,2	56,2	57,2	58,2	59,2	60,3	61,3	62,3	63,3	64,3	65,4	66,4	67,4	68,4
19°	54,6	55,6	56,6	57,6	58,6	59,6	60,6	61,6	62,7	63,7	64,7	65,7	66,7	67,7	68,7
18°	54,9	55,9	56,9	57,9	58,9	59,9	61,0	62,0	63,0	64,0	65,0	66,0	67,0	68,0	69,0
17°	55,3	56,3	57,3	58,3	59,3	60,3	61,3	62,2	63,3	64,3	65,3	66,3	67,3	68,3	69,3
16°	55,6	56,6	57,6	58,6	59,6	60,6	61,7	62,7	63,7	64,7	65,7	66,7	67,7	68,7	69,7
15°	56,0	57,0	58,0	59,0	60,0	61,0	62,0	63,0	64,0	65,0	66,0	67,0	68,0	69,0	70,0
14°	56,3	57,3	58,3	59,3	60,3	61,3	62,3	63,3	64,3	65,3	66,3	67,3	68,3	69,3	70,3
13°	56,7	57,7	58,7	59,7	60,7	61,7	62,7	63,7	64,7	65,7	66,7	67,7	68,7	69,6	70,6
12°	57,0	58,0	59,0	60,0	61,0	62,0	63,0	64,0	65,0	66,0	67,0	68,0	69,0	70,0	71,0
11°	57,4	58,4	59,4	60,4	61,4	62,4	63,4	64,4	65,4	66,4	67,3	68,3	69,3	70,3	71,3
10°	57,8	58,8	59,7	60,7	61,7	62,7	63,7	64,7	65,7	66,7	67,6	68,6	69,6	70,6	71,6
	71c	72c	73c	74c	75c	76c	77c	78c	79c	80c	81c	82c	83c	84c	85c
30°	66,1	67,1	68,2	69,2	70,3	71,3	72,3	73,3	74,4	75,4	76,4	77,5	78,6	79,6	80,6
29°	66,4	67,4	68,5	69,5	70,6	71,6	72,6	73,7	74,7	75,7	76,7	77,8	78,9	79,9	80,9
28°	66,8	67,8	68,8	69,9	70,9	71,9	73,0	74,0	75,0	76,0	77,1	78,1	79,2	80,2	81,2
27°	67,1	68,1	69,2	70,2	71,2	72,2	73,3	74,3	75,3	76,3	77,4	78,4	79,5	80,5	81,5
26°	67,4	68,4	69,5	70,5	71,5	72,5	73,6	74,6	75,6	76,7	77,7	78,7	79,8	80,8	81,8
25°	67,8	68,8	69,8	70,8	71,8	72,8	73,9	74,9	76,0	77,0	78,0	79,0	80,1	81,1	82,1
24°	68,1	69,1	70,1	71,2	72,2	73,2	74,2	75,3	76,6	77,6	78,6	79,6	80,7	81,7	82,7
23°	68,4	69,4	70,5	71,5	72,5	73,5	74,5	75,2	76,3	77,3	78,3	79,3	80,4	81,4	82,4
22°	68,8	69,8	70,8	71,8	72,8	73,8	74,8	75,9	76,9	77,9	78,9	79,9	81,0	82,0	83,0
21°	69,1	70,1	71,1	72,1	73,1	74,1	75,2	76,2	77,2	78,2	79,2	80,2	81,3	82,3	83,3
20°	69,4	70,4	71,4	72,4	73,4	74,4	75,5	76,5	77,5	78,5	79,5	80,5	81,6	82,6	83,6
19°	69,7	70,7	71,7	72,7	73,7	74,7	75,8	76,8	77,8	78,8	79,8	80,8	81,9	82,9	83,9
18°	70,0	71,0	72,0	73,0	74,0	75,1	76,1	77,1	78,1	79,1	80,1	81,1	82,1	83,1	84,1
17°	70,3	71,3	72,3	73,3	74,3	75,4	76,4	77,4	78,4	79,4	80,4	81,4	82,4	83,4	84,4
16°	70,7	71,7	72,7	73,7	74,7	75,7	76,7	77,7	78,7	79,7	80,7	81,7	82,7	83,7	84,7
15°	71,0	72,0	73,0	74,0	75,0	76,0	77,0	78,0	79,0	80,0	81,0	82,0	83,0	84,0	85,0
14°	71,3	72,3	73,3	74,3	75,3	76,3	77,3	78,3	79,3	80,3	81,3	82,3	83,3	84,3	85,3
13°	71,6	72,6	73,6	74,6	75,6	76,6	77,6	78,6	79,6	80,6	81,6	82,6	83,6	84,6	85,5
12°	72,0	72,9	73,9	74,9	75,9	76,9	77,9	78,9	79,9	80,9	81,9	82,9	83,9	84,8	85,8
11°	72,3	73,2	74,2	75,2	76,2	77,2	78,2	79,2	80,2	81,2	82,2	83,1	84,1	85,1	86,1
10°	72,6	73,5	74,5	75,5	76,5	77,5	78,5	79,5	80,5	81,5	82,4	83,4	84,4	85,4	86,4
	86c	87c	88c	89c	90c	91c	92c	93c	94c	95c	96c	97c	98c	99c	100c
30°	81,7	82,7	83,8	84,9	86,0	87,1	88,2	89,3	90,4	91,5	92,7	93,8	95	96,1	97,7
29°	82,0	83,0	84,1	85,1	86,2	87,3	88,4	89,5	90,6	91,7	92,9	94,1	95,2	96,3	97,5
28°	82,3	83,3	84,4	85,4	86,5	87,6	88,7	89,8	90,9	92,0	93,2	94,3	95,4	96,5	97,7
27°	82,6	83,6	84,7	85,7	86,7	87,9	89,0	90,1	91,1	92,2	93,4	94,5	95,6	96,7	97,9
26°	82,9	83,9	84,9	86,0	87,1	88,2	89,2	90,3	91,4	92,5	93,6	94,7	95,8	96,9	98,1
25°	83,2	84,3	85,2	86,3	87,4	88,4	89,5	90,6	91,6	92,7	93,8	94,9	96,0	97,1	98,2
24°	83,5	84,5	85,5	86,5	87,6	88,7	89,7	90,8	91,9	93,0	94,1	95,2	96,2	97,3	98,4
23°	83,8	84,8	85,8	86,8	87,9	89,0	90,0	91,1	92,1	93,2	94,3	95,4	96,5	97,5	98,6
22°	84,0	85,0	86,1	87,1	88,2	89,2	90,2	91,3	92,4	93,4	94,5	95,6	96,7	97,7	98,8
21°	84,3	85,3	86,4	87,4	88,4	89,5	90,5	91,6	92,6	93,7	94,7	95,8	96,9	97,9	99,0
20°	84,6	85,6	86,6	87,7	88,7	89,7	90,8	91,8	92,9	93,9	95,0	96,0	97,1	98,1	99,1
19°	84,9	85,9	86,9	87,9	88,9	90,0	91,1	92,1	93,1	94,1	95,2	96,2	97,3	98,3	99,3
18°	85,2	86,2	87,2	88,2	89,2	90,2	91,3	92,3	93,3	94,3	95,4	96,4	97,4	98,5	99,5
17°	85,4	86,4	87,4	88,4	89,5	90,5	91,5	92,6	93,6	94,6	95,6	96,6	97,6	98,7	99,7
16°	85,7	86,7	87,7	88,7	89,7	90,8	91,8	92,8	93,8	94,8	95,8	96,7	97,8	98,8	99,8
15°	86,0	87,0	88,0	89,0	90,0	91,0	92,0	93,0	94,0	95,0	96,0	97,0	98,0	99,0	100,0
14°	86,3	87,3	88,2	89,2	90,2	91,2	92,2	93,2	94,2	95,2	96,2	97,2	98,2	99,2	
13°	86,5	87,5	88,5	89,5	90,5	91,5	92,5	93,5	94,4	95,4	96,4	97,4	98,4	99,3	
12°	86,8	87,8	88,7	89,7	90,7	91,7	92,7	93,7	94,7	95,6	96,6	97,6	98,5	99,5	
11°	87,1	88,0	89,0	90,0	91,0	92,0	92,9	93,9	94,9	95,8	96,8	97,8	98,7	99,7	
10°	87,4	88,3	89,3	90,2	91,2	92,2	93,2	94,2	95,1	95,0	97,0	98,0	98,9	99,9	

Fonte: ANVISA (2019).

**ANEXO B: RECORTE DA TABELA DE ALCOOMETRIA DA FARMACOPEIA BRASILEIRA**

**ALCOOMETRIA**

Tabela alcoométrica (20 °C. Farmacopeia Brasileira, 6.<sup>a</sup> edição)

<i>% v/v</i>	<i>% p/p</i>	<i>ρ<sub>20</sub> (Kg/m<sup>3</sup>)</i>	<i>d (g/cm<sup>3</sup>)</i>
69,0	61,32	888,03	0,889628
69,1	61,43	887,79	0,889388
69,2	61,54	887,54	0,889138
69,3	61,64	887,29	0,888887
69,4	61,75	887,05	0,888647
69,5	61,85	886,80	0,888396
69,6	61,96	886,55	0,888146
69,7	62,07	886,31	0,887905
69,8	62,17	886,06	0,887655
69,9	62,28	885,81	0,887404
70,0	62,39	885,56	0,887154
70,1	62,49	885,31	0,886904
70,2	62,60	885,06	0,886653
70,3	62,71	884,82	0,886413
70,4	62,81	884,57	0,886162
70,5	62,92	884,32	0,885912
70,6	63,03	884,07	0,885661
70,7	63,13	883,82	0,885411
70,8	63,24	883,57	0,885160
70,9	63,35	883,32	0,884910
71,0	63,46	883,06	0,884650
71,1	63,56	882,81	0,884399
71,2	63,67	882,56	0,884149
71,3	63,78	882,31	0,883898
71,4	63,89	882,06	0,883648
71,5	63,99	881,81	0,883397
71,6	64,10	881,55	0,883137
71,7	64,21	881,30	0,882886
71,8	64,32	881,05	0,882636
71,9	64,43	880,79	0,882375
72,0	64,53	880,54	0,882125

Fonte: ANVISA (2019).