

**IFGW – INSTITUTO DE FÍSICA GLEB WATAGHIN**  
**MONOGRAFIA – F 896 A**

**Aluno:** Eduardo Silva de Luca, 145911

**Orientador:** Prof. Dr. José Joaquin Lunazzi

**Coordenador da disciplina:** Prof. Dr. Francisco das Chagas Marques

**Projeto: Uma raridade da água, que Marie Curie já mostrava  
às crianças.**

**UNICAMP, CAMPINAS**

**DEZEMBRO, 2018**

## RESUMO

O seguinte projeto visa cumprir as atividades estabelecidas na disciplina F 896 A – Monografia, no segundo semestre de 2018. O mesmo toma como base o desenvolvimento e aprimoramento de um experimento de Física iniciado no primeiro semestre de 2018 como projeto da disciplina F 609 A – Tópicos de Ensino de Física I, sob orientação do mesmo professor, Dr. José Joaquin Lunazzi [1].

Levando em consideração a formação do aluno de licenciatura, o experimento tem finalidades pedagógicas e também de divulgação científica. Deste modo, a motivação para o tema escolhido é a realização de um experimento simples, móvel e que seja apto para apresentar para públicos de qualquer tamanho, principalmente em ambientes de educação não-formal, considerando também que o mesmo seja exposto para pessoas sem conhecimento básico em Física ou ciências.

Foi realizado então o estudo da seguinte problemática: considerando uma garrafa qualquer, será feito um furo em sua tampa, e em seguida a garrafa será submersa em algum fluido (a priori, água). O objetivo do experimento é achar o raio máximo do furo para o qual a garrafa submersa não será preenchida e os fatores que influenciam no fenômeno. A partir de experimentação para diversos líquidos distintos, foi perceptível a influência dominante da tensão superficial e do tamanho e formato dos furos, além de sua inclinação em relação ao plano horizontal. Foi possível também comparar os efeitos no experimento para líquidos de diferentes densidades, viscosidades e tensões superficiais, além da mistura de alguns deles e do efeito de substâncias surfactantes.

## **INTRODUÇÃO**

O objetivo principal do experimento é que ele possa ser manuseado por qualquer pessoa que tenha interesse. Além disso, espera-se que junto com a realização do mesmo sejam levantadas questões de simples elaboração, mas que podem gerar discussões simples, porém não triviais, e questionamentos sobre os conceitos em questão. Uma dificuldade no ensino e divulgação de Física é que alguns de seus conceitos desafiam o senso comum. Esse fato não decorre da falta de conhecimento do público, pois mesmo a comunidade acadêmica enfrenta dificuldades em aceitar modelos “extravagantes” se comparados às teorias estabelecidas em cada época.

E o que não faz parte do cotidiano, ou em outras palavras, do senso comum, tanto do público leigo quanto de um acadêmico, sofre resistência de aceitação. Uma vez que os experimentos observam e confirmam a existência de tal fenômeno, conclui-se daí que nossos preconceitos e o senso comum nos leva a entender o mundo de forma errada. Nossa percepção da natureza é influenciada pelos nossos preconceitos. O objetivo desse experimento é mostrar como nossa percepção pode nos levar a conclusões erradas. Explicando e mostrando o que realmente acontece, pretendemos que as pessoas percebam que nossos “pré-requisitos” de “achismo” e senso comum, nos enganam.

### **1. MOTIVAÇÃO**

A motivação inicial do projeto parte de uma ideia sugerida num livro de valor científico e histórico. O livro [2] “Aulas de Marie Curie: Anotadas por Isabelle Chavannes em 1907”, traduzido para o português por Waldyr Muniz Oliva, baseado em anotações de Isabelle Chavannes, aluna de Marie Curie, reúne dez lições de física elementar, ministradas pela cientista durante os dois anos de funcionamento de uma cooperativa de ensino criada por ela e outros intelectuais em 1907. Na cooperativa, as crianças tinham contato com várias disciplinas ministradas de acordo com uma pedagogia moderna. As aulas experimentais de Curie sobre conceitos da física estimulavam os alunos a chegar, por meio da reflexão sobre as experiências, a suas próprias conclusões.

Esta obra, de valor histórico, mostra o caráter pedagógico dos ensinamentos de Marie Curie, cujas lições de ciência se inscrevem na tradição europeia de privilegiar a observação, reflexão e descoberta de respostas sobre os objetos e fenômenos da natureza.

Pioneiras na época, as aulas de Marie Curie são, ainda hoje, vistas como uma grande contribuição para o ensino e aprendizado da física elementar.

Dentre os temas das lições ensinadas, estão assuntos como “em que se distinguem o ar do vácuo”, “em que se mede a densidade de sólidos e líquidos”, “em que se revê o princípio de Arquimedes”, além de outros temas ligados à densidade, flutuação, medição de pressão, hidrostática e hidrodinâmica.

## **2. DESCRIÇÃO DO EXPERIMENTO**

A partir de tais temas, como descritos na motivação, a seguinte problemática foi estudada: considerando uma garrafa qualquer, será feito um furo em sua tampa, e em seguida a garrafa será submersa em algum fluido (a priori, água). O objetivo do experimento é achar o raio máximo do furo para o qual a garrafa submersa não será preenchida.

## **3. EXPERIMENTAÇÃO**

### **3.1. MATERIAIS**

- Garrafa PET pequena 237ml (a popularmente chamada caçulinha);
- Garrafa PET 2,5L;
- Tampas de garrafas PET diversas;
- Furadeira;
- Brocas de diversos tamanhos;
- Ferramentas diversas como paquímetro, tesoura, estilete, etc;
- Fluidos utilizados: água (torneira), detergente líquido, óleo de soja, álcool etílico diluído, etc.

### **3.2. PREPARAÇÃO DO EXPERIMENTO**

Com o auxílio de um canivete e uma tesoura, foi cortada a parte superior da garrafa maior com o objetivo de transformá-la num recipiente em que será colocada água e por fim mergulhada a garrafinha (Imagem 1). Foi escolhida tal garrafa com a ideia de o

experimento ser portátil e de fácil realização, sendo todos os materiais de fácil acesso e montagem.



**Imagem 1:** Garrafa cortada que servirá de recipiente geral (esquerda) e garrafinha que será fechada e submersa (direita).

Em seguida, usa-se a furadeira para fazer furos de diversos tamanhos nas tampas. Foram feitos furos de diversos diâmetros, desde 3mm até 11mm (Imagem 2). Nesta parte, é importante prestar atenção na furagem das tampas, pois como elas são feitas de plástico, o furo não é liso e preciso, muitas vezes sobra material e ficam formando como se fossem tubinhos, cheios de rebarbas. Para isso, foi usado o canivete para modelar e deixar os furos os mais limpos possíveis.



**Imagem 2:** Tampas com furos a serem utilizadas no experimento. Da esquerda para a direita, os diâmetros dos furos são 3mm, 4mm, 5mm, 6mm, 7mm, 10mm e 11mm, de acordo com as brocas disponíveis.

### 3.3. METODOLOGIA EXPERIMENTAL

O procedimento para realização do experimento é simples, deve-se encher o recipiente da Imagem 1 (esquerda) com o fluido escolhido, definir a tampa com o furo do tamanho desejado, tampar a garrafinha e finalmente, submergir a mesma (Imagem 3). Como análise e critério inicial e principal, foram observadas as tampas e seus furos, afim de determinar quando, e se saíam bolhas de ar ou entrava líquido na garrafinha. Os furos utilizados tinham diâmetros entre 3mm e 11mm. Infelizmente não estavam ao dispor brocas suficientes de modo que os diâmetros variassem de 1mm um dos outros, ficando faltando furos de diâmetros 8mm e 9mm para tanto.

Após encher a garrafa cortada com o fluido, de uma em uma, as tampinhas com furo são testadas. Foi sempre repetido o mesmo procedimento na hora de mergulhar e retirar a garrafinha da água, como mostrado nas respectivas imagens de cada fluido.

Para efeito de comparação de valores tabelados, foi considerada como temperatura ambiente a temperatura de 20°C (apesar de que alguns dados só foram adquiridos para temperatura de 25°C, dependendo da fonte), que foi uma variação média estimada de temperatura ambiente nos dias de realização do experimento para os dados coletados aqui reportados.



**Imagem 3:** Procedimento experimental.

### 3.4. FLUIDOS UTILIZADOS

A princípio, como sugere o próprio título deste trabalho, o objetivo principal do experimento é estudar as propriedades da água a partir das características, fenômenos e comportamentos da mesma revelados no experimento. Além do mais, vale lembrar novamente o objetivo do trabalho em ser um experimento de fácil realização em qualquer lugar por qualquer tipo de pessoa, então qualquer líquido que não seja a própria água pode ser complicado de se adquirir.

Porém, a efeito de estudo, foram utilizados outros fluidos para análise e também comparação. Sendo assim, como já dito, além de água, foram utilizados ainda detergente líquido transparente, álcool etílico diluído e óleo de soja. Quando possível, foram vistos os efeitos do experimento para misturas, no caso, mistura de água com detergente líquido e água com álcool etílico (que já foi comprado misturado, pois o álcool é diluído).

Para efeito de comparação, a mesma quantidade de líquido foi utilizada em cada processo. Considerando que a garrafa PET utilizada de recipiente era uma de 2,5L totais, porém parte dela foi cortada e ainda teria o volume da garrafinha submersa mais o volume da mão da pessoa realizando o experimento, o recipiente foi sempre preenchido com 1,5L do líquido base.

Deste modo, as observações foram feitas a partir de:

- 1,5L de água da torneira;
- 1,5L de detergente líquido transparente;
- 1,5L de álcool etílico diluído 46° inpm;
- 1,5L de água misturada com uma colher de sopa de detergente líquido.

## **4. PROPRIEDADES DA ÁGUA**

É bem difícil não ter consciência da importância da água em nossas vidas. Começando pelo fato de que mais de 70% da superfície do nosso planeta é coberto por água líquida em forma de oceanos, sem contar as geleiras nos polos e a grande quantidade de umidade do ar devido ao vapor de água na atmosfera. Porém, pelo fato da água parecer se onipresente, muitas pessoas não estão a par de suas incomuns e únicas propriedades, tais como seus pontos de fusão e ebulição, tensão superficial, viscosidade e coesão, dentre muitas outras. A seguir serão descritas algumas dessas propriedades.

### **4.1. VISCOSIDADE**

A viscosidade de um fluido é a medida de sua resistência à deformação gradual por tensão de cisalhamento ou tensão de tração. Também pode ser vista como a propriedade do fluido se opor ao movimento relativo entre duas superfícies relativas dele próprio que estão se movendo em velocidades diferentes, ou seja, é como se fosse o atrito entre as moléculas do fluido. O oposto de viscosidade seria a fluidez.

Um fato importante de se notar é que a viscosidade de líquidos é afetada pela temperatura (dados para a água representados na Tabela 1) de maneira inversa, ou seja, quanto maior a temperatura, menos a viscosidade, e vice-versa. Isso acontece pois quanto maior a temperatura, a média de velocidade das moléculas de um líquido aumenta, ficando menos em contato umas com as outras. Porém, no caso de gases, acontece o



contrário, pois quanto maior a temperatura, maior a velocidade das moléculas, e daí maior a chance de as mesmas colidirem.

Temperatura (°C)	$\eta$ (cP)
20	1,0002
30	0,7975
40	0,6529
50	0,5468
60	0,4665
70	0,4042
80	0,3547
90	0,3147

**Tabela 1:** Dados de viscosidade da água para algumas temperaturas específicas [3].

Existem diversas maneiras de se medir viscosidade. Talvez uma das mais elementares seja a de deixar uma esfera qualquer (que seja uma metálica) solta num fluido, e então medir seu tempo de queda pelo mesmo. Quanto maior o tempo, maior a viscosidade. Um modo mais avançado para medir viscosidade é através do Viscosímetro de Ostwald [4], muito mais apurado do que o método da esfera caindo.

#### **4.1.1. Unidades de viscosidade**

A unidade física de viscosidade no Sistema Internacional de Unidades é o pascal-segundo (Pa·s), que corresponde exatamente a 1 N·s/m ou 1 kg/(m·s). A unidade no Sistema CGS de unidades para a viscosidade dinâmica é o poise (P), cujo nome homenageia a Jean Louis Marie Poiseuille. Passou a ser mais usado o seu submúltiplo: o centipoise (cP). O centipoise é mais usado, devido a que a água tem uma viscosidade de 1,0020 cP a 20 °C e 0,891 cP a 25° C. No caso, 1 cP equivale a 1 mPa·s [5].

## 4.2. TENSÃO SUPERFICIAL

Tensão superficial é a energia, ou trabalho, necessária para aumentar a área de superfície de um líquido devido a forças intermoleculares. Além apenas do Mercúrio, a água tem a maior tensão superficial dentre todos os líquidos, com valor igual a  $72,8 \cdot 10^{-3}$  N/m [6]. Cada tipo de solução diferente apresenta uma tensão superficial distinta, já que as forças intermoleculares dependem da natureza do líquido ou das substâncias dissolvidas no mesmo.

Uma evidência bem clara e cotidiana da tensão superficial acontece quando uma pessoa enche um copo com água até o gargalo. É fácil notar que o nível de água no copo está acima da própria altura do copo (Imagem 4).



**Imagem 4:** Tensão superficial da água em um copo cheio.

Do ponto de vista molecular, existem dois tipos de moléculas: as que estão do lado de fora e as que estão do lado de dentro de uma mesma amostra. As moléculas que estão do lado de dentro estão sendo atraídas por todas as outras moléculas ao seu redor, enquanto que as que estão do lado de fora, ou seja, na superfície, são atraídas somente pelas outras que também estão na superfície ou as que estão sob ela. Isto faz com que o estado de energia das moléculas do interior e da superfície sejam diferentes devido às interações diferentes que cada uma delas sofre, sendo uma das causas de tal fenômeno.

### **4.2.1. Surfactantes**

Os surfactantes são substâncias que diminuem a tensão superficial ou influenciam a superfície de contato entre dois líquidos. Eles são geralmente compostos orgânicos anfifílicos, ou seja, contém tanto grupos hidrofóbicos (molécula se repele de moléculas de água) quanto grupos hidrofílicos (molécula se atrai por moléculas de água). Um tipo de surfactante bem conhecido pelas pessoas em geral é o detergente.

## **4.3. FORÇAS COESIVAS E ADESIVAS**

As forças adesivas e coesivas estão associadas à propriedades macroscópicas da matéria, e conseqüentemente, os termos não se aplicam a discussões atômicas e moleculares.

Forças coesivas são as forças intermoleculares (como as de ponte de Hidrogênio e forças de Van der Waals) que causam a tendência em líquidos de resistir à separação. Este tipo de força ocorre apenas em moléculas da mesma substância. A água da chuva, por exemplo, cai em gotas, e não escorre, pois a água tem uma forte coesão que puxa as moléculas deixando-as juntas.

Já as forças adesivas são forças de atração entre moléculas diferentes, causada por forças agindo entre duas substâncias, e podem ser forças do tipo mecânica e eletrostática, por exemplo. A força de adesão faz com que um líquido se agarre à alguma superfície na qual ele resista.

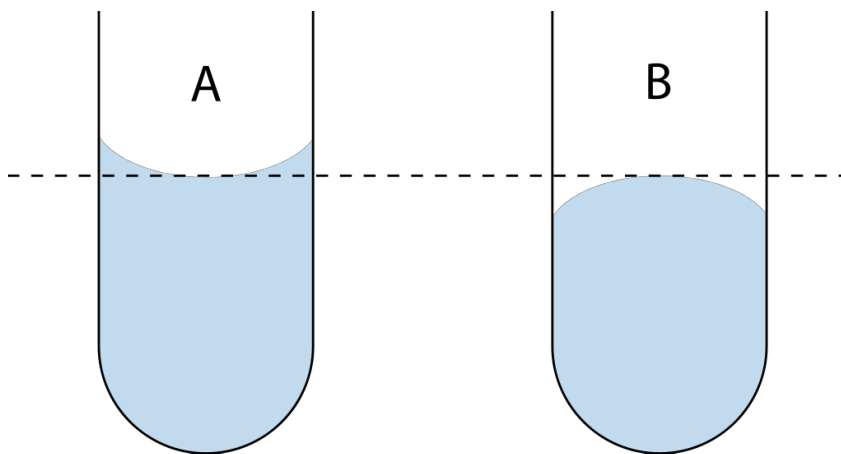
### **4.3.1. Efeitos macroscópicos de forças adesivas e coesivas**

Quando um líquido é colocado numa superfície lisa, as forças adesivas e coesivas agem no líquido, determinando assim a forma que o mesmo vai tomar. Se a força de adesão entre o líquido e a superfície for alta, ela irá puxar o líquido para baixo, fazendo com que o mesmo molhe a superfície. Agora, se a força coesiva do próprio líquido for alta, ele vai resistir à adesão e fazer com que o mesmo tome uma forma esférica cubra a superfície.

#### 4.3.1.1. O menisco

O menisco é a curvatura da superfície de um líquido dentro de um recipiente (por exemplo um cilindro graduado). O formato do menisco, que terá concavidade para baixo ou concavidade para cima, depende da relação entre as forças de adesão e coesão.

Quando a força de adesão do líquido com a parede do recipiente for mais intensa do que a força de coesão do mesmo, ele terá curvatura para cima, pois o líquido é mais atraído para as paredes (Imagem 5-A). Quando a força de coesão do líquido for mais intensa do que a força de adesão entre o líquido e a parede do recipiente, o mesmo terá concavidade para baixo, de modo a diminuir o contato com as paredes (Imagem 5-B).



**Imagem 5:** Concavidades do menisco.

#### 4.3.1.2. Lágrimas de vinho

Quando se agita uma taça de vinho, gotículas de vinho parecem pairar sobre o menisco do líquido, formando assim “lágrimas”. Este antigo fenômeno também é causado pelas forças de adesão e coesão. Como o álcool é mais volátil do que a água, temos como resultado que a evaporação do álcool produz um gradiente de tensão superficial que conduz um filme fino ao longo da superfície de uma taça de vinho. Tal processo é chamado de Efeito Marangoni [7].



**Imagem 6:** Efeito Marangoni, ou lágrimas de vinho.

## **5. RESULTADOS E DISCUSSÕES**

Como apresentado na seção 3, o experimento foi realizado para diversos tipos de líquidos diferentes, então os resultados serão apresentados em subseções separadas, por questão de organização.

### **5.1. EXPERIMENTO COM ÁGUA (DE TORNEIRA)**

Neste caso, para todos os diâmetros de até 7mm, a água não entrou na garrafinha, e só saía ar se a mesma fosse apertada, que não é condição do experimento proposto. Para os diâmetros de 10mm e 11mm ocorreram as situações seguintes. Nas condições propostas no experimento, a garrafinha deveria apenas ser submersa, porém surgiram dois casos, um em que a ela fica de pé, na vertical, e o caso onde ela fica inclinada, deitando o máximo possível.

Ao colocar e retirar a garrafinha, saía um pouco de ar, porém apenas algumas bolhas, que foram considerados efeitos da movimentação da mesma. Com a garrafa já submersa, hora não saía ar da mesma, e as vezes uma bolha era formada no buraco, como mostrado nas Imagens 7 e 8, para a garrafinha na posição vertical. As imagens retratam apenas o experimento com a tampa de 11mm de diâmetro pois para a tampa de 10mm a situação era visualmente idêntica.



**Imagem 7:** Vista lateral para experimento com água de torneira, tampa de 11mm.



**Imagem 8:** Vista superior com efeito para experimento com água de torneira, tampa de 11mm.

Agora, quando a garrafinha saía da posição vertical e era inclinada, começava a sair ar e entrar água na mesma. O ar saía de forma contínua e em forma de bolhas, como mostrado na Imagem 9. Poderíamos supor que o ar sai com a garrafa inclinada pois, considerando uma projeção em relação ao plano horizontal, a área da seção do furo com a garrafa inclinada é menor do que a área da seção do furo com a garrafa na vertical (que seria máxima)? Seria a pressão, deste modo, maior com a garrafa inclinada do que com a mesma em pé? Essas são questões a serem respondidas, pois a pressão seria praticamente a mesma, o que mudaria então? O objetivo do experimento é o surgimento e discussão de tais questões, mesmo que estes não sejam imediatamente respondidos.



**Imagem 9:** Vista lateral para experimento com água de torneira e garrafinha inclinada.

## 5.2. EXPERIMENTO COM ÁGUA MISTURADA COM UMA COLHER DE SOPA DE DETERGENTE LÍQUIDO

Como visto na seção 4.2.1., o detergente líquido é uma substância surfactante, então o mesmo diminui a tensão superficial da água, de modo que poderíamos esperar os resultados atingidos. Neste caso, até para os furos de 10mm e 11mm de diâmetro, vazou bastante ar (e entrou bastante água) mesmo com a garrafinha na posição vertical (Imagem 10). Para o furo com diâmetro de 7mm, saiu ar de acordo com a inclinação, assim como no caso da água sozinha. Para furos de 6mm ou menores, continuou a vaziar ar ou entrar líquido.





**Imagem 10:** Experimento com água misturada com uma colher de sopa de detergente líquido.  
Tampa com furo de 10mm (esquerda) e tampa com furo de 11mm (direita).

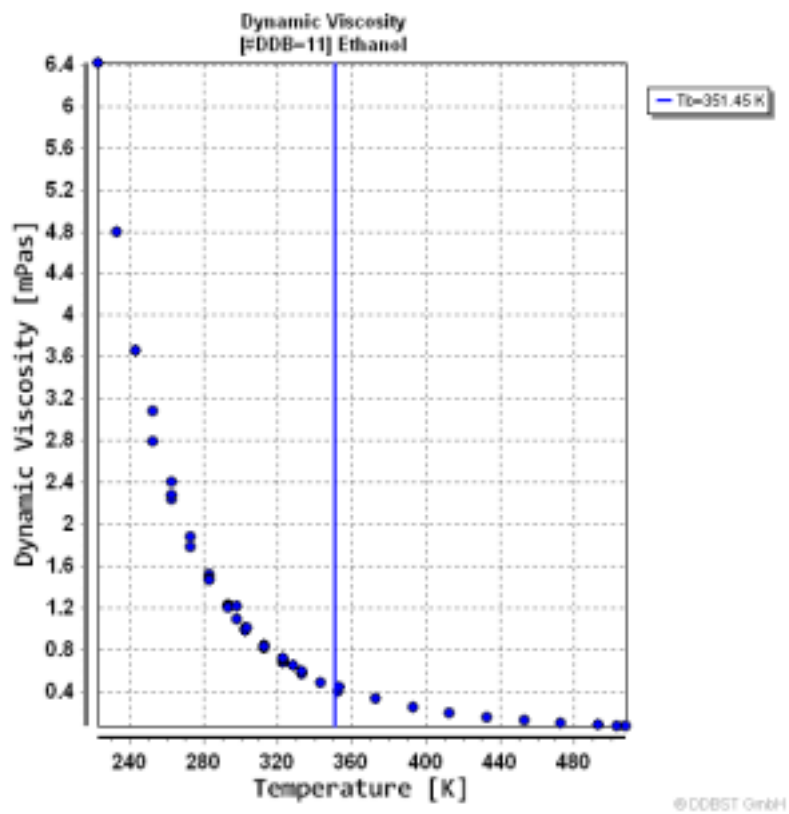
### 5.3. EXPERIMENTO COM ÁLCOOL ETÍLICO 46° INPM

Neste caso, o álcool etílico 46° inpm já é dissolvido em água numa proporção de 46% de álcool etílico e 54% de água. Aqui, para quase todas as tampas entrou líquido na garrafinha, sendo que apenas para as tampas de furos de 3mm e 4mm não entrou.

Os dados para a viscosidade do álcool etílico (etanol) para 20°C é de aproximadamente 1,2000cP [8]. E também, sua densidade a mesma temperatura vale 0,790g/cm [9]. Já sua tensão superficial vale  $22,3 \cdot 10^{-3}$  N/m com temperatura igual a 20°C [6].



**Imagem 11:** Experimento com álcool etílico diluído 46º inpm. Tampas com furos de 3mm e 4mm (esquerda e centro) sem vazar ar e tampa de 5mm (direita) com ar vazando.



**Imagem 12:** Gráfico da viscosidade dinâmica do álcool etílico de acordo com a fonte [8].

#### 5.4. EXPERIMENTO COM DETERGENTE LÍQUIDO TRANSPARENTE

Para o recipiente preenchido apenas com o detergente líquido, o mesmo entrou na garrafinha para os furos de diâmetros 10mm e 11mm. Porém, para tais diâmetros, o preenchimento da garrafinha e, conseqüentemente, o vazamento de ar foi bem devagar, se comparado com os outros casos feitos até então.

Já para os diâmetros menores, temos os seguintes resultados. Para o furo de 7mm de diâmetro aconteceu um caso similar para os diâmetros maiores do experimento somente com água, o ar vazava e detergente entrava de acordo com a inclinação da garrafinha, ou seja, com a mesma na vertical não vazava e com ela inclinada sim. Para os furos de diâmetros menores que os já descritos, não vazou ar da garrafinha, nem bolhas se formaram em sua superfície como na Imagem 7.



**Imagem 13:** Experimento com detergente líquido transparente, para a tampa com furo de 11mm.

Os dados físico-químicos do detergente líquido adquiridos foram de 1,02g/cm a 25°C para sua densidade e de pelo menos 250cP a 25°C para sua viscosidade, de acordo com tabela fornecida pelo fabricante do produto [10].

### 5.5. EXPERIMENTO COM ÓLEO DE SOJA

Os resultados para o recipiente cheio com óleo de soja, foram sem vazamento de ar da garrafinha para os furos de diâmetros menores e iguais a 7mm, e com vazamento de ar e óleo entrando na garrafinha para os furos de diâmetros de 10mm e 11mm. Para este experimento, foi notável uma maior dificuldade em manter a garrafinha submersa, pois o empuxo na mesma era perceptivelmente maior que dos outros líquidos utilizados.



**Imagem 14:** Experimento realizado com recipiente cheio de óleo de soja.

Os dados físico-químicos para o óleo de soja encontrados foram os seguintes, 0,9232g/cm para 20°C de temperatura, viscosidade de 73,0cP para temperatura de 20°C e tensão superficial  $31,6 \cdot 10^{-3}$  N/m [11].

## 6. CONCLUSÃO

A partir dos dados dos experimentos realizados, podemos concluir que os fatores que mais influenciam nas condições observadas são, além dos diâmetros, a tensão superficial e a área da seção do furo em relação ao plano horizontal e possivelmente seu formato.

A conclusão sobre a influência dominante da tensão superficial vem, principalmente, do experimento realizado com a mistura de água de torneira e detergente líquido. Como citados na seção de propriedades da água, a mesma possui a segunda maior tensão superficial dos líquidos, atrás apenas do Mercúrio. Ao analisarmos os experimentos, o feito com apenas água foi o único que não entrou líquido na garrafinha na vertical, para nenhum dos diâmetros de furo, porém, ao misturarmos o detergente nela, mesmo em pouca quantidade percentual, entrou líquido na garrafinha para os dois maiores diâmetros, isso devido ao fato do detergente ser um material surfactante e diminuir drasticamente a tensão superficial da água. Além disso, o álcool etílico diluído, que apresenta um valor de tensão superficial mais baixo de todos os líquidos, foi o que apresentou vazamento de ar da garrafinha para menores diâmetros de furos, indicando também a grande influência da tensão superficial sobre os demais fatores.

Sobre a área de seção do furo em relação ao plano horizontal e o seu formato, é possível notar sua importância pois para diversos líquidos ela foi relevante. A suspeita é de que, devido à gravidade gerar uma força, e conseqüentemente um empuxo, na direção vertical, a pressão exercida pelo ar dentro da garrafa seja proporcional a esta componente de área, e podemos assumir que a pressão interna e externa (diferença delas) à garrafinha são fatores diretamente ligados ao fenômeno estudado. Além disso, fica como sugestão de aprimoramento do experimento, verificar o comportamento para diferentes formatos, pois todos os furos aqui eram assumidos serem circulares regulares. O experimento poderia ser feito com formatos triangulares, quadrados, polígonos, formas aleatórias, etc.

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria de agradecer primeiramente à população do Estado de São Paulo, e também à população brasileira em geral, que são quem financia, de verdade, a pesquisa e o ensino na Unicamp (e nas universidades públicas no geral), através de seus impostos, ligado diretamente à sua força de trabalho e tempo diários, e os quais a maioria não possui a mesma oportunidade que eu tive.

Agradeço também ao Professor Lunazzi, que foi quem me sugeriu o tema durante uma disciplina que cursei com ele, além de suas sugestões e comentários sempre relevantes.

Por último, mas jamais menos importante, agradeço sinceramente à minha família e amigos, que me deram base e sustento para conseguir chegar onde estou e mais importante, ser quem eu sou. Obrigado.

## BIBLIOGRAFIA

- [1] [https://www.ifi.unicamp.br/~lunazzi/F530\\_F590\\_F690\\_F809\\_F895/F809/F609\\_2018\\_sem1/EduardoS-Luca\\_JoseJ-Lunazzi\\_F609\\_RF2.pdf](https://www.ifi.unicamp.br/~lunazzi/F530_F590_F690_F809_F895/F809/F609_2018_sem1/EduardoS-Luca_JoseJ-Lunazzi_F609_RF2.pdf)
- [2] CHAVANNES, Isabelle, AULAS DE MARIE CURIE: Anotadas por Isabelle Chavannes em 1907. Tradução: OLIVA, Waldyr Muniz. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2007.
- [3] [https://chem.libretexts.org/Homework\\_Exercises/Exercises%3A\\_Physical\\_and\\_Theoretical\\_Chemistry/Data-Driven\\_Exercises/Viscosities\\_of\\_Simple\\_Liquids%3A\\_Temperature\\_Variation](https://chem.libretexts.org/Homework_Exercises/Exercises%3A_Physical_and_Theoretical_Chemistry/Data-Driven_Exercises/Viscosities_of_Simple_Liquids%3A_Temperature_Variation).
- [4] <https://www.youtube.com/watch?v=G9a7k>.
- [5] [https://pt.wikipedia.org/wiki/Unidades\\_de\\_viscosidade](https://pt.wikipedia.org/wiki/Unidades_de_viscosidade).
- [6] [http://lilith.fisica.ufmg.br/~labexp/novosite/Tensao\\_Superficial.pdf](http://lilith.fisica.ufmg.br/~labexp/novosite/Tensao_Superficial.pdf).
- [7] Gugliotti, Marcos. "Tears of Wine." Journal of Chemical Education 81.1 (2004): 67-68. Web. 9 Mar. 2010.
- [8] [http://www.ddbst.com/en/EED/PCP/VIS\\_C11.php](http://www.ddbst.com/en/EED/PCP/VIS_C11.php).
- [9] [http://sistemasinter.cetesb.sp.gov.br/produtos/ficha\\_completa1.asp?consulta=%C1LC OOL%20ET%CDLICO](http://sistemasinter.cetesb.sp.gov.br/produtos/ficha_completa1.asp?consulta=%C1LC OOL%20ET%CDLICO).
- [10] [http://www.ype.ind.br/uploads/produtos/fispq/FISPO\\_LAVA-LOUCAS\\_ATOL\\_GENERICO.pdf](http://www.ype.ind.br/uploads/produtos/fispq/FISPO_LAVA-LOUCAS_ATOL_GENERICO.pdf).
- [11] [http://www.etc-cte.ec.gc.ca/databases/Oilproperties/pdf/WEB\\_Soybean\\_Oil.pdf](http://www.etc-cte.ec.gc.ca/databases/Oilproperties/pdf/WEB_Soybean_Oil.pdf).

Comentário do orientador:

Faltou o contato com engenheiros hidráulicos indicados, e uma análise dos resultados com a referência: <https://preview.tinyurl.com/radioaberturaemagua>