

---

**DETERMINAÇÃO DO TEOR ALCOÓLICO DA CACHAÇA: UMA DISCUSSÃO SOBRE O CONCEITO DE TENSÃO SUPERFICIAL EM UMA PERSPECTIVA INTERDISCIPLINAR<sup>+</sup>**

---

*Marco Aurélio Alvarenga Monteiro*  
*Ednilson Luiz da Silva Vaz*  
*Isabel Cristina de Castro Monteiro*  
*Eduardo Norberto Codaro*  
*Heloisa Andréa Acciari*  
UNESP  
Guaratinguetá – São Paulo

**Resumo**

*A Resolução número 3 da Câmara de Educação Básica (CEB)/Conselho Nacional de Educação (CNE) de 26 de junho de 1998 (BRASIL, 1998), que institui as Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio, destaca a interdisciplinaridade em seu artigo 8. Contudo, quase 14 anos depois, a realidade na maioria de nossas escolas é a adoção de uma metodologia meramente disciplinar, tendo em vista a dificuldade em se planejar atividades de ensino desse tipo. Nesse trabalho, apresentamos uma proposta de atividade experimental interdisciplinar que permite uma abordagem do conceito de tensão superficial aproximando físicos e químicos. A ideia é que os alunos determinem o teor alcoólico da cachaça e que discutam os conceitos de tensão superficial e das forças existentes entre moléculas iguais, similares e diferentes.*

---

<sup>+</sup> Determination of the alcohol content of the “cachaça”: a discussion on the concept of surface tension in an interdisciplinary perspective

<sup>\*</sup> *Recebido: janeiro de 2012.*  
*Aceito: agosto de 2012.*

**Palavras-chave:** *Tensão superficial. Teor alcoólico. Cachaça.*

### **Abstract**

*The Resolution number 3 of the Câmara de Educação Básica (CEB)/Conselho Nacional de Educação (CNE), published in 1998, June 26 (BRASIL, 1998), which established the National Curriculum Guidelines for High School Education, emphasizes the interdisciplinarity, in its 8th Article. However, almost fourteen years later, the reality in most of our schools is the adoption of a merely disciplinary methodology, vis-à-vis the difficulty related to educational planning activities of this kind. In this paper, we present a proposal of an interdisciplinary experimental activity that addresses the concept of surface tension, connecting physicists and chemists. The idea is that students determine the alcohol content of “cachaça” and discuss the concepts of surface tension forces between equal molecules, similar and different.*

**Keywords:** *Surface content. “Cachaça”. Interdisciplinarity. Alcoholic content.*

## **I. Introdução**

Visando propor uma atividade com caráter interdisciplinar entre Física e Química, apresentamos uma atividade experimental, cujo objetivo é a determinação do teor alcoólico da cachaça.

Como há uma relação entre o teor alcoólico e a tensão superficial, a atividade experimental proposta, apesar de envolver uma metodologia química de obtenção de dados exige uma discussão aprofundada sobre conceitos relacionados às interações intermoleculares. Nesse aspecto, julgamos interessante a realização dessa atividade com alunos do Ensino Médio, tendo em vista a riqueza das discussões que podem ser estabelecidas.

Cachaça é a denominação típica e exclusiva da aguardente de cana produzida no Brasil, com graduação alcoólica de 38 % v/v a 48% v/v a 20°C, obtida pela destilação do mosto fermentado do caldo de cana-de-açúcar, podendo ser adicionada açúcares até 6 g/L, expressos como sacarose. As cachaças adoçadas são as bebidas destiladas mais consumidas no país, tanto na forma pura, como misturada com frutas; são comercializadas com teores alcoólicos de 39% v/v, as mais populares, e

de 42% v/v para as mais dispendiosas. Esses teores são frequentemente verificados por medidas de densidade, seja com um alcoômetro de precisão no produto original ou com um densímetro ou picnômetro no produto de sua destilação fracionada. Além de água e etanol, as cachaças adoçadas podem conter até 30,0 g de açúcares/L e até 0,65 g de outros compostos orgânicos por cada 100 mL de etanol anidro ( $\approx 2,8$  g/L), sendo os álcoois iso-amílicos (2-Metil-1-butanol e 3-Metil-1-butanol ou iso-Pentílico) e isobutílico (2-Metil-1-propanol) os mais abundantes e, provavelmente, os responsáveis pelo aroma e sabor diferenciados. Junto com o n-propílico (1-Propanol), os dois álcoois citados anteriormente podem totalizar até 0,36 g por cada 100 mL de etanol anidro, com a proporção dos iso-amílicos geralmente maior que 50%. (PINHEIRO *et al.*, 2003; BOGUSZ JUNIOR *et al.*, 2006).

A atividade de determinação de teor alcoólico da cachaça visa possibilitar a discussão do conceito de tensão superficial aproximando as contribuições das disciplinas Física e Química. Além disso, permite ao professor abordagens que transcendem, inclusive, os limites desta disciplina, pois possibilitam discussões sobre o impacto do uso do álcool na saúde humana e suas consequências para a sociedade.

O paradigma da fragmentação do conhecimento na concepção mecanicista, que teve seu auge na era industrial em função da necessidade da alta especialização de mão de obra, não teve como dar suporte à evolução da ciência e da tecnologia a partir do século XX. A complexidade dinâmica da realidade exige do sujeito social da atualidade uma maior capacidade para formar ideias e estratégias de ações capazes de superar os diferentes problemas e desafios que a modernidade nos impõe.

Visões limitadas da realidade que levam a ações restritas e pontuais não têm sido capazes de dar resposta às diferentes demandas em diferentes áreas de nossa sociedade: na economia, nas relações humanas, na questão educacional, etc.

Nesse sentido, faz-se necessário um cidadão que, a partir de uma percepção mais ampla do conjunto de relações e interconexões de múltiplas variáveis que se estabelecem para definir a complexidade da realidade, seja capaz de propor soluções para as principais questões que afligem nossa sociedade que não se limitem a ações pontuais e inócuas.

De acordo com os Parâmetros Curriculares Nacionais (BRASIL, 1998), os conteúdos de Ciências Naturais devem ser apresentados em blocos temáticos para que não sejam tratados isoladamente. Assim, vislumbra-se a possibilidade de organizar os conteúdos sem padrão rígido, possibilitando o estabelecimento de adaptações e ajustes de importância local e conexões interdisciplinares com temas transversais.

Como destaca Japiassú (1976), a interdisciplinaridade, em diferentes domínios, seja de pesquisa, de ensino ou de demandas de ordem técnica, pode constituir-se em poderosa ferramenta a favor da integralidade do conhecimento e contra a simplificação ingênua da realidade:

*A interdisciplinaridade, levada a efeito nos domínios mais diversos, quer se trate de pesquisa, de ensino ou de realizações de ordem técnica, não é uma questão evidente que possa dispensar explicações e análises aprofundadas, mas um tema que merece ser levado em consideração e constituir um dos objetos essenciais da reflexão de todos quantos veem na fragmentação das disciplinas científicas um esfacelamento dos horizontes do saber (JAPIASSU, 1976, p. 42).*

Assim, diferentemente da disciplinaridade, que significa a exploração científica e especializada de um determinado domínio homogêneo de estudo, a interdisciplinaridade pressupõe o caso em que cada disciplina transcende sua especialidade, definindo os contornos de seus limites, visando buscar contribuições de outras disciplinas. Assim sendo, estabelece-se um diálogo mais rico entre as várias áreas do conhecimento. Dessa forma, ao invés de disciplinas fragmentadas, a interdisciplinaridade propõe o estabelecimento de interconexões entre as diferentes disciplinas na busca de um saber mais completo e menos pulverizado.

Por isso, o paradigma da interdisciplinaridade teve grande impacto sobre projetos educacionais em função da demanda social em formar cidadãos capazes de intervir na realidade complexa propondo soluções para os graves problemas que nossa sociedade enfrenta.

Para Favarão e Araújo (2004), é fundamental que o processo educativo em nossas escolas seja estabelecido a partir de uma proposta interdisciplinar, pois permite a formação de sujeitos sociais ativos, comprometidos, responsáveis e capazes de agir para a transformação da sociedade.

A atividade proposta sobre a determinação do teor alcoólico se configura, a nosso ver, em um tema necessário e urgente a ser debatido em nossas escolas, pois abre portas para a discussão sobre o impacto do uso de bebidas alcoólicas no corpo humano, suas consequências sociais, os limites legais sobre seu uso impostos pelas instituições judiciais e policiais, a escolha de parâmetros para se determinar se sua utilização incapacita alguém para a realização de atividades diversas, como dirigir, por exemplo.

Segundo Pechansky *et al.* (2004), o álcool é a droga que mais faz vítimas entre jovens no Brasil. Segundo os autores, apesar de a legislação brasileira proibir a venda de álcool para menores de dezoito anos, o uso de bebidas por adolescentes

é muito comum, seja no ambiente familiar, em festividades ou em lugares públicos.

Tendo em vista que drogas como a heroína, a maconha, a cocaína e o crack são proibidas e o uso de cigarros tem toda uma campanha de esclarecimentos sobre os prejuízos que podem acarretar à saúde humana e uma legislação que limita a sua propaganda nos meios de comunicação, o uso do álcool, ao contrário, é incentivado em campanhas publicitárias. Um estudo realizado por Pisky e Silva (1999), constatou que a frequência de propagandas publicitárias incentivando o uso do álcool é, em média, maior do que os comerciais voltados à venda de outros produtos.

A cachaça, por fazer parte da cultura nacional e ter um preço muito baixo, é uma bebida muito consumida por jovens brasileiros.

A partir desse ponto de vista, entendemos que o estudo sobre a cachaça, ao contrário de incentivar seu uso, pode esclarecer os jovens quanto às consequências negativas provenientes de seu consumo.

Com relação ao aprendizado de conteúdos didáticos de Física e Química, o estudo sobre as propriedades físicas intensivas, isto é, aquelas que independem da quantidade de matéria, exige a compreensão sobre as forças que atuam entre as moléculas. O estado líquido pode ser considerado como um estado intermediário entre o gasoso e o sólido. No primeiro, as moléculas se encontram afastadas e desordenadas, enquanto que, no último, elas estão próximas formando parte de uma estrutura ordenada. O fato de as moléculas estarem ou não regularmente arranjadas dependerá de um balanço entre as forças intermoleculares de atração ou coesivas (dipolo induzido, dipolo-dipolo e ligação de hidrogênio), as de repulsão e a desordem resultante de seus movimentos térmicos, a uma dada temperatura. As forças de dipolo induzido estão presentes em todas as moléculas como consequência da distorção momentânea de suas nuvens eletrônicas provocadas pela proximidade de uma molécula com outra, fenômeno conhecido como polarizabilidade. As forças dipolo-dipolo são características das moléculas polares, aquelas cujas ligações estão formadas por átomos de diferente eletronegatividade (tendência em atrair elétrons da ligação) que ocasionam uma distribuição assimétrica e permanente de cargas, o que dá origem a dois polos e um momento dipolar resultante, uma medida quantitativa da polaridade da molécula (Fig. 1a). Quando, nessas moléculas, existem ligações entre átomos de H e N, O ou F, as forças predominantes se denominam *ligações de hidrogênio* (Fig. 1b). As forças de repulsão são de curto alcance e surgem como resultado da interação entre as nuvens eletrônicas e entre os núcleos das moléculas (ROCHA, 2001; BROWN *et al.*, 2005). Na medida em

que as forças coesivas se tornam preponderantes, a distância entre as moléculas diminui e a substância pode se apresentar ou como líquido, ou como sólido.

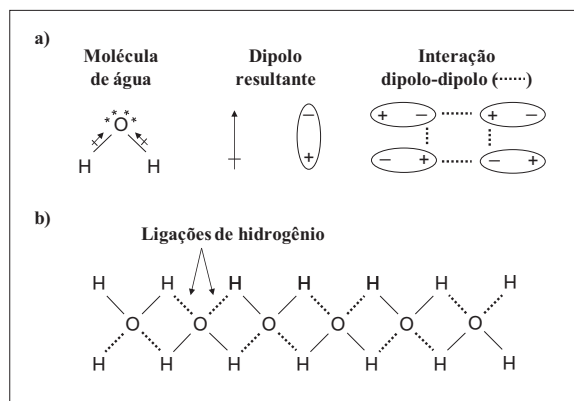


Fig. 1 – Representação da molécula da água e de suas interações dipolo-dipolo (a) e ligações de hidrogênio (b).

No caso particular dos líquidos, quanto maiores as intensidades das forças coesivas, maior a dificuldade de movimento das moléculas e maior a sua concentração por unidade de volume. A resistência ao deslocamento relativo de moléculas com o intuito de aumentar a área superficial está relacionada com uma propriedade intensiva da matéria denominada *tensão superficial*, enquanto a razão entre a massa dessas moléculas e o volume que ocupam define outra propriedade intensiva, denominada *densidade* (ROSSI *et al.*, 2008). Todos os tipos de forças intermoleculares acima mencionados também podem ocorrer em misturas. Quando soluto e solvente tiverem forças intermoleculares do mesmo tipo, como no presente trabalho, formarão uma solução cujas propriedades dependem da proporção relativa dessas substâncias (RUSSELL, 2004).

Nesse contexto, pretende-se determinar o teor alcoólico a partir de medidas relativas à tensão superficial, propiciando discussões em nível molecular, abordando as forças existentes entre moléculas iguais, similares e diferentes. Na prática, serão construídas de forma coletiva pelos alunos duas curvas de calibração, “densidade e tensão superficial *versus* concentração de álcool etílico (sem e com a adição de álcool iso-amílico)”, na procura de uma solução representativa da bebida em estudo, a fim de se determinar o teor alcoólico de cachaças adoçadas.

## II. Fundamentação teórica

Os líquidos apresentam volume definido e, apesar de não terem formato próprio, tendem a minimizar sua área superficial, característica que os diferencia dos outros estados da matéria. Os exemplos mais comuns são as gotas de água que adotam geometria esferoidal, por estas exibirem menor relação área/volume. Esse fato surge como consequência de um desequilíbrio das forças coesivas na superfície, causado pela desigualdade no número de moléculas na fase gasosa em relação à fase líquida. Assim, as forças não compensadas originam uma resultante que atua sobre cada molécula no sentido da superfície para o interior, provocando uma contração e um “empacotamento mais compacto”. No entanto, uma esfera perfeita só é possível na ausência de outras forças como a de gravidade, de atrito e adesão, que atuam conjuntamente mudando o formato ideal. Uma medida das forças resultantes, que precisam ser vencidas para aumentar a área superficial de um líquido, é denominada tensão superficial. Essa propriedade intensiva pode ser definida como sendo a energia necessária para aumentar a área superficial do líquido em uma quantidade unitária, em outras palavras, uma medida da resistência que oferece um líquido ao aumento de sua superfície (GASPAR, 2010; BROWN, 2005).

Nos líquidos contidos em recipientes, a tensão superficial se manifesta de forma diferente. A superfície de um líquido é aparentemente plana em recipientes de diâmetro grande; no entanto, quando o diâmetro é pequeno, a superfície se apresenta curva originando um menisco, cuja forma será determinada pela tensão superficial e pela intensidade com que o líquido adere às paredes do recipiente. Se as forças adesivas forem maiores que as coesivas, o líquido molhará o recipiente formando um menisco côncavo; caso contrário formará um menisco convexo. A tensão superficial também é responsável pelo fenômeno conhecido como *ação capilar*, que geralmente é associado com a *elevação capilar*. Embora seja um fenômeno despercebido, pode explicar muitas situações do dia a dia, como a absorção de líquidos por toalhas de papel, o sentido do fluxo em coadores de café ou em saquinhos de chá, o transporte dos nutrientes através do caule das plantas, etc. (FERREIRA, 2004). Quando um tubo muito estreito ou capilar, comumente de diâmetro menor ou igual a 1 mm, é posicionado verticalmente sobre uma superfície líquida, as forças adesivas entre o líquido e a parede interna do tubo aumentam a área exposta do líquido, devido ao deslocamento das moléculas para a superfície. Por outro lado, as forças coesivas entre as próprias moléculas tendem a reduzir esta área, mas como o volume do líquido se mantém, o líquido tende a subir no tubo, contra a força da gravidade. Assim, o líquido sobe até que a resultante das forças adesivas e coesivas seja equilibrada pelo peso da coluna líquida. Uma vez alcança-

do o equilíbrio hidrostático, as pressões externa (atmosférica) e interna (dentro do tubo) se igualam, tal como ocorre em um manômetro de coluna líquida (veja a Fig. 2).

Young e Laplace demonstraram que a diferença de pressões que impulsiona a subida espontânea do líquido é  $2\gamma/r$  (Fig. 2a), sendo  $\gamma$  a tensão superficial e  $r$  o raio do tubo capilar, duas constantes à temperatura constante (MOORE, 2002; ATKINGS, 2008). Dessa maneira, a tensão superficial pode ser calculada medindo-se a altura máxima que atinge o líquido a partir da seguinte relação de equilíbrio (Equação 1):

$$2\frac{\gamma}{r} = h\rho g, \quad (1)$$

sendo  $h$  a elevação capilar,  $\rho$  a densidade do líquido e  $g$  a aceleração da gravidade,  $980,6 \text{ m/s}^2$ . Uma análise detalhada da equação 1 revela que, quanto menor o raio do tubo, maior a elevação capilar (Fig. 2b), e que os líquidos mais densos apresentam maiores tensões superficiais. Essa última dedução é particularmente certa quando se comparam álcoois ou ácidos carboxílicos da mesma família, provavelmente porque suas moléculas estão constituídas pelos mesmos átomos e as principais interações entre elas são as ligações de hidrogênio. De um modo geral, os líquidos com densidades similares podem apresentar tensões superficiais tanto similares quanto diferentes. Esse fato ocorre porque tais propriedades dependem de uma complexa combinação de fatores como o tipo, o tamanho, a geometria e a massa da molécula, que determinam as intensidades das forças atuantes. Apesar disso, no caso da água e de soluções aquosas de álcoois em tubos capilares de vidro comum, a equação 1 fornece uma boa aproximação da tensão superficial (MOORE, 2002).

### III. Materiais e reagentes

Os materiais e reagentes necessários para a execução da experiência são: - 11 Balões volumétricos, um de 1000 e dez de 100 mL; - 5 Provetas: 10, 25, 50, 100 e 500 mL; - 10 Picnômetros de 25 mL; - 10 Tubos capilares de vidro de 1,0 mm de diâmetro interno e 75 mm de comprimento; - 10 tubos de ensaio pequenos com sua estante; - 10 Béqueres de 100 mL; - 1 Frasco com conta-gotas contendo álcool iso-amílico P.A; - 10 Pinças metálicas; - 10 Paquímetros; - 10 Régua de plástico transparente de 30 cm; - 10 Suportes universais; - 10 Garras metálicas; - 1 Rolo de fita adesiva transparente; - 1 Termômetro; - 1 Balança semi-analítica; -



Álcool 70° INPM (70 % m/m) de uso doméstico ou hospitalar; - Cachaça adoçada 39 % vol.; - Papel toalha.

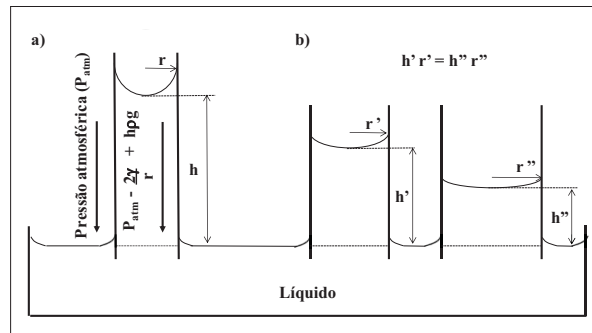


Fig. 2 – (a) Ilustração da elevação de um líquido em um tubo capilar e (b) efeito do raio do tubo.

## IV. Metodologia

### IV.1 Preparação das soluções pelo professor

Preparar com antecedência 1 L de solução aquosa de etanol 5,0 mol/L, uma vez que o processo de dissolução é exotérmico e os volumes não são totalmente aditivos. Para tal fim recomenda-se medir 500 mL de água destilada com uma proveta e transferir a um balão volumétrico, adicionar 380 mL de álcool 70 % m/m, agitar e deixar esfriar. Completar o volume com água destilada. Por diluição dessa solução serão preparados 100 mL das seguintes soluções: 4,5; 4,0; 3,5; 3,0; 2,5; 2,0; 1,5; 1,0 e 0,5 mol/L. Nessa faixa de concentrações, as soluções não são inflamáveis e podem ser guardadas à temperatura ambiente.

### IV.2 Planejamento das atividades dos alunos

Para maior organização e aproveitamento da aula prática, recomenda-se a divisão dos alunos em dez grupos, em consonância com dez soluções de álcool etílico de diferentes concentrações. Deste modo, cada grupo realizará medidas com um picnômetro e com um tubo capilar em água destilada e em uma das soluções de álcool etílico (sem e com a adição de álcool iso-amílico). Os valores de densidade e de elevação capilar obtidos por cada um dos grupos permitirão o estudo dessas

propriedades em função da concentração de álcool e a determinação do teor alcoólico de uma ou mais cachaças.

#### IV.3 Medidas relacionadas com a densidade

A aferição do picnômetro (Fig. 3a) torna-se necessária uma vez que o volume nominal pode ter sido determinado a uma temperatura diferente da de trabalho. Assim, cada grupo deverá: pesar um picnômetro limpo e seco, enchê-lo com água destilada, secá-lo por fora com papel toalha, pesá-lo novamente e, por diferença de massas, calcular a massa da água destilada; após consultar na Tabela 1 a densidade à temperatura de trabalho, calcular o volume do picnômetro; caso a temperatura seja diferente da tabelada, obter a densidade por interpolação numérica; transferir 50 mL de solução de álcool etílico para uma proveta, enxaguar o picnômetro com 10 mL desta solução, enchê-lo, secá-lo com papel toalha e pesá-lo; por diferença de massas, calcular a massa dessa solução e, a partir do volume aferido, a densidade; à solução remanescente no balão (50 mL), adicionar uma gota de álcool iso-amílico, agitar e repetir o mesmo procedimento de medida.

Tabela 1 – Propriedades físicas intensivas da água (HANDBOOK, 1967).

Temperatura (°C)	Densidade (kg/m <sup>3</sup> )	Tensão Superficial (10 <sup>-3</sup> N/m)
10,0	999	74,22
15,0	999	73,49
20,0	998	72,75
25,0	997	71,97
30,0	995	71,18

#### IV.4 Medidas relacionadas com a ação capilar

Na presente experiência, o tubo capilar é um instrumento de medida, portanto, a aferição do raio interno também se faz necessária à temperatura de trabalho. Sendo assim, cada grupo deve mergulhar completamente um tubo capilar em um tubo de ensaio contendo água destilada durante trinta minutos e assegurar-se de que não fiquem bolhas de ar presas no capilar para garantir a molhabilidade do vidro. Finalizado o período de imersão, deverá despejar a água do tubo de ensaio e, com uma pinça, retirar o capilar. Em seguida, as equipes deverão posicionar verti-

calmente uma régua sobre um béquer contendo 25 mL de água destilada e fixar o capilar sobre a régua com uma fita adesiva, de modo que a sua parte inferior fique abaixo do nível do líquido no mínimo 0,5 cm. Para facilitar a leitura da elevação capilar com o paquímetro, indica-se adicionar quantidade de água necessária para que a superfície da mesma coincida com uma linha da escala milimétrica da régua. Finalmente, os grupos deverão encostar o paquímetro sobre a régua e, mediante sua haste de profundidade, realizar a medida da altura do líquido no tubo capilar, conforme mostrado na Fig. 3b, para, enfim, consultar na Tabela 1 a tensão superficial da água à temperatura de trabalho e, com auxílio da densidade, calcular o raio médio do tubo capilar (Equação 1). Caso a temperatura seja diferente da tabelada, é possível obter a tensão superficial por interpolação numérica.



*Fig. 3 – Instrumentos de medida para (a) determinação da densidade e (b) elevação capilar.*

Em seguida, cada grupo deve esvaziar o capilar com a ajuda de papel toalha, enxaguá-lo por imersão dentro de um tubo de ensaio contendo a solução de álcool etílico, transferir a solução contida no picnômetro para um béquer, fixar o capilar sobre a régua e realizar a medida da elevação da solução. Após, deve repetir o mesmo procedimento de medida para a solução contendo álcool iso-amílico e calcular a tensão superficial em cada caso, utilizando a equação 1.

#### **IV.5 Determinação do teor alcoólico da cachaça**

Para a determinação do teor alcoólico da cachaça, deve-se preparar 50 mL de solução cachaça-água 1:1. Para esse propósito, deve-se medir 20 mL de água destilada com uma proveta e transferir a um balão volumétrico, adicionar 25 mL de cachaça adoçada, agitar e completar o volume com água destilada. Esta solução aquosa não é inflamável. Determinar a densidade e a elevação capilar como descrito anteriormente e, a partir desses valores, calcular a tensão superficial (Equação 1).

### **V. Resultados e discussão**

As densidades das diferentes soluções aquosas obtidas mediante um picnômetro devem ser organizadas em função da concentração de álcool etílico, como mostrado na Fig. 4. Esses resultados foram coerentes com dados de densidades reportados na literatura (Handbook of Chemistry and Physics, 1971-1972). Uma primeira análise das curvas indica que, em ambas as soluções, a densidade diminui com o aumento de álcool etílico e que o efeito do iso-amílico é mais acentuado e não parece depender da concentração do etílico. Uma resposta a esse comportamento está no fato de que a proporção de água vai diminuindo em decorrência do aumento de álcoois menos densos (Tabela 2). De um ponto de vista molecular, os álcoois são menos densos porque suas moléculas são de maior tamanho e menor simetria que as moléculas de água, tornando mais difícil a aproximação de umas com outras, acarretando um menor aproveitamento do espaço intermolecular.

Na Fig. 4 também são mostrados os valores experimentais de quatro diferentes soluções de cachaça-água 1:1. As cachaças, provenientes do Estado de São Paulo, apresentam em seus rótulos teores alcoólicos de 39 % v/v e uma quantidade de sacarose não especificada, a qual pode chegar até a 30,0 g/L. Observam-se que os teores alcoólicos determinados a partir de densidades do produto original (A 14,1, B 15,4, C 15,0 e D 15,8 % v/v) são menores do que o esperado (19,5 % v/v), embora a solução contendo iso-amílico tenha uma composição mais próxima da

cachaça. Medidas realizadas por outros autores, utilizando o mesmo método em cachaças produzidas no Estado de Minas Gerais, conduziram a teores alcoólicos médios com desvios padrão de até  $\pm 12\%$  (Labanca, *et al.* 2006). Esse fato denota a complexidade na composição química da cachaça e indica que os resultados obtidos de misturas binárias e ternárias não permitem a determinação exata do teor alcoólico sem ao menos a introdução de algum fator de correção.

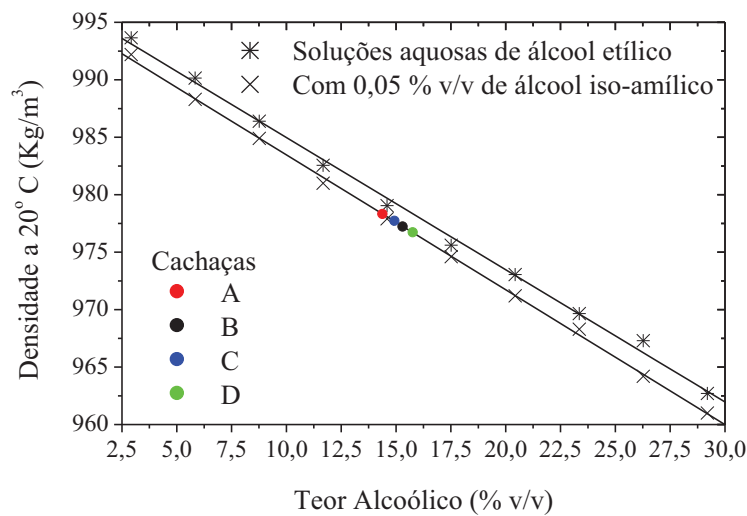


Fig. 4 – Gráfico de densidade por concentração de álcool (densidade x teor alcoólico) para as cachaças A, B, C e D.

Os valores de tensão superficial das soluções foram calculados a partir dos valores de densidade e de elevação capilar (Equação 1) e colocados em um gráfico em função da concentração de álcool etílico (Fig. 5). Os resultados obtidos com as soluções de álcool etílico estão em boa concordância com outros reportados utilizando-se um tensiômetro (Vázquez *et al.*, 1995). Essa consistência entre os resultados obtidos por diferentes métodos reforça a validade da equação 1. Nessas soluções, a tensão superficial diminui com o aumento de álcool em decorrência da diminuição das forças coesivas. A água tem elevada tensão superficial (Tabela 1) devido principalmente à presença de ligações de hidrogênio, de maior intensidade dentre todas as demais interações intermoleculares. Na medida em que se aumenta

a relação álcool etílico/água, essas ligações diminuem em número (de 4 para 3 por molécula) e também a intensidade das interações dipolo-dipolo (de 1,85 para 1,69 Debyes por molécula), resultando na diminuição das forças coesivas.

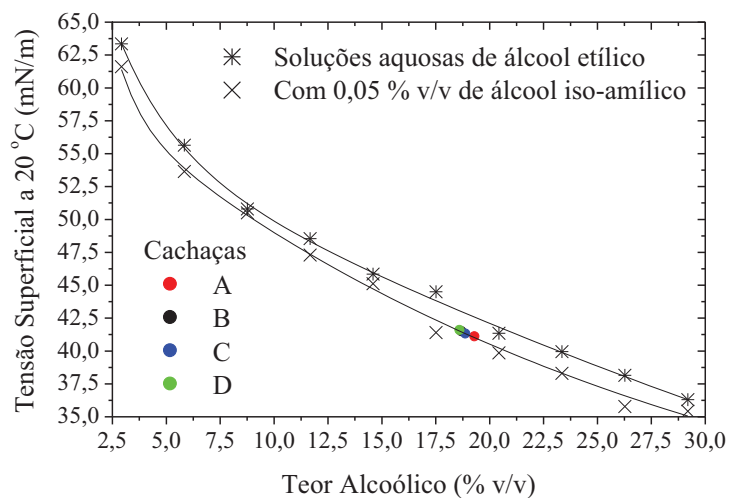


Fig. 5 – Gráfico da tensão superficial em função da concentração de álcool (tensão superficial x teor alcoólico) para as cachaças A, B, C e D.

Através de comparação feita entre as Fig. 4 e 5, infere-se que a adição de pequenas quantidades do álcool iso-amílico às soluções de álcool etílico provoca uma diminuição significativamente maior na tensão superficial que na densidade. Segundo a literatura, uma solução aquosa 2,0 % m/m desse álcool apresenta uma tensão superficial aproximadamente 50% menor que da água à mesma temperatura. Um efeito similar, um pouco menos acentuado, também acontece na presença de isobutílico (Handbook of Chemistry and Physics, 1971-1972). Esses álcoois diminuem a tensão superficial da água pelo mesmo motivo que o álcool etílico, mas o efeito é maior porque as moléculas ramificadas são mais volumosas e menos polares dificultando suas aproximações e diminuindo a intensidade de suas interações, como resultado, as forças coesivas responsáveis pela tensão superficial são menos intensas. A Tabela 2 reflete o exposto acima e confirma a diminuição das forças intermoleculares através da diminuição das tensões superficiais dos álcoois ramificados com relação a seus respectivos isômeros lineares.

Por fim, conclui-se que os teores alcoólicos das cachaças adoçadas (A 19,4, B 18,8, C 18,9 e D 18,7% v/v) determinados mediante valores de tensão superficial são mais próximos do teor considerado como verdadeiro (19,5% v/v), quando comparados com aqueles obtidos a partir de valores de densidade. Esse resultado pode ser atribuído à presença dos componentes secundários na cachaça, os quais podem afetar de forma diferente as propriedades intensivas da solução. Por exemplo, a adição de sacarose na água aumenta sua densidade sem afetar significativamente a sua tensão superficial (Handbook of Chemistry and Physics, 1971-1972).

Tabela 2 – Propriedades físicas intensivas de alguns álcoois lineares e ramificados.

Nome	Fórmula molecular	Massa molar (g/mol)	$\rho^{20^\circ\text{C}}$ (g/cm <sup>3</sup> )	$\gamma^{20^\circ\text{C}}$ (mN/m)
Etilico	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	46,07	0,7893	22,3
n-Propílico	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> OH	60,11	0,8035	23,8
iso-Propílico	CH <sub>3</sub> CHOH CH <sub>3</sub>	60,11	0,7855	21,7
n-Butílico	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> OH	74,12	0,8098	24,6
iso-Butílico	CH <sub>3</sub> CHCH <sub>2</sub> OH CH <sub>3</sub>	74,12	0,8080	22,8
n-Pentílico	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> OH	88,15	0,8144	24,9
iso-Amílico (iso-Pentílico)	CH <sub>3</sub> CHCH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> OH CH <sub>3</sub> 	88,15	0,8092	24,1

## VI. Considerações finais

Nosso intuito, neste trabalho, foi propor uma atividade experimental que pudesse ser desenvolvida com alunos do Ensino Médio para abordar, de maneira interdisciplinar o conceito de tensão superficial.

A atividade proposta apresenta um método relativamente simples, rápido e de baixo custo, que exige um paquímetro e um picnômetro, reagentes de fácil aquisição e manuseio seguro e que não apresentam problemas para o descarte. É claro que nem sempre escolas de Ensino Médio dispõem de laboratórios e de instrumental necessário. Contudo, os recursos necessários para a realização da atividade não são tão caros, nem mesmo difíceis de ser obtidos.

Tendo em vista os bons resultados apresentados, a atividade permite uma discussão interessante sobre o conceito de tensão superficial, propiciando ao professor uma abordagem menos simplista e mais reflexiva sobre as propriedades intensivas da matéria. Além disso, explorar a atividade proposta possibilita um ensino interdisciplinar que, além de envolver diretamente conteúdos de Física e Química, oferece meios para a aproximação com a Biologia.

### **Agradecimentos**

À PROPE/UNESP pelo suporte financeiro. Aos árbitros pelas sugestões e críticas.

### **Referências**

ATKINS, P.; PAULA, J. **Físico-Química**. 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, p. 77-80, 2008. v. 2.

BOGUSZ JUNIOR, S.; KETZER, D. C. M.; GUBERT, R.; ANDRADES, L.; GOBO, A. B. Composição química da cachaça produzida na região noroeste do Rio Grande do Sul, Brasil. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, v. 26, p. 793-798, 2006.

BRASIL, Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio. Ministério da Educação e do Desporto e Conselho Nacional de Educação, **Resolução CEB/CNE, N° 3**, de 26 de junho de 1998. Disponível em: <<http://edutec.net/Leis/Educacionais/eddirem.htm>>. Acesso em: 25 jan. 2012.

BROWN, T. L.; LEMAY, H. E.; BURSTEN, B. E. **Química, a ciência central**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005. p. 375-386.

FAVARÃO, N. R. L.; ARAÚJO, C. S. A. Importância da interdisciplinaridade no Ensino Superior. **EDUCERE** (Revista da Educação). Umuarama, v. 4, n. 2, p. 103-115, jul./dez., 2004.

FERREIRA, J. P. M. Tensão superficial – sua natureza e efeitos. **Boletim da Sociedade Portuguesa de Química**, n. 93, p. 43-48, 2004.

GASPAR, A. **Física**. 1. ed. São Paulo: Editora Ática, 2010. p. 204-206.

Handbook of Chemistry. 10<sup>th</sup> ed. New York: McGraw-Hill Book Co, 1967.



Handbook of Chemistry and Physics. 52<sup>nd</sup> ed. Cleveland, Ohio: The Chemical Rubber Co, 1971-1972.

JAPIASSU, H. **Interdisciplinaridade e patologia do saber**. Rio de Janeiro: I-MAGO, 1976.

LABANCA, R. A.; GLÓRIA, M. B. A.; GOUVEIA, V. J. P.; AFONSO, R. J. C. F. Determinação dos teores de cobre e grau alcoólico em aguardentes de cana produzidas no Estado de Minas Gerais. **Química Nova**, v. 29, n. 5, p. 1110-1113, 2006.

MOORE, W. J. **Físico-Química**. 1. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2002. p. 434-438, v. 2.

PECHANSKY, F.; SZOBOT, C. M.; SCIVOLETTO, S. Uso de álcool entre adolescentes: conceitos, características epidemiológicas e fatores etiopatogênicos. **Revista Brasileira de Psiquiatria**, n. 26, p. 14-17, 2004.

PINHEIRO, P. C.; LEAL, M. C.; ARAUJO, D. A. Origem, produção e composição química da cachaça. **Química Nova na Escola**, v. 18, p. 3-8, 2003.

PINSKY, I; SILVA, M. T. A frequency and content analysis of alcohol advertising on Brazilian television. **Journal of Studies on Alcohol**, v. 60, n. 3, p. 349-9, 1999.

ROCHA, W. R. Interações intermoleculares. **Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola**, n. 4, p. 31-36, 2001.

ROSSI, A. B.; MASSAROTTO, A. M.; GARCIA, F. B. T.; ANSELMO, G. R. T.; DE MARCO, I. L. G.; CURRALERO, I. C. B.; TERRA, J.; ZANINI, S. M. C. Reflexões sobre o que se ensina e o que se aprende sobre densidade a partir da escolarização. **Química Nova na Escola**, n. 30, p. 55-60, 2008.

RUSSELL, J. B. **Química Geral**. 2. ed. São Paulo: Makron Books, 1994. p. 513-517, v. 1.

VÁZQUEZ, G.; ALVAREZ, E.; NAVAZA, J. M. Surface tension of alcohol + water from 20 to 50 °C. **J. Chem. Eng. Data**, v. 40, p. 611-614, 1995.