

## DETERMINAÇÃO DE PROPRIEDADES TÉRMICAS E COMPOSIÇÃO DE SUBSTÂNCIAS: UM ESTUDO EXPERIMENTAL

Wesley Thölken, Rodrigo Geremias

### Resumo

Este artigo investiga as propriedades térmicas e reações químicas, enfocando a termodinâmica e a transferência de calor. Serão empregadas técnicas calorimétricas para determinar os calores específicos do cobre e da água, permitindo quantificar a energia necessária para provocar mudanças de temperatura. Além disso, o estudo abordará reações exotérmicas, como a dissolução do hidróxido de sódio em água e a neutralização com ácido clorídrico, visando avaliar o calor liberado nesses processos. A concentração alcoólica de um licor de laranja também será analisada por meio da ebuliometria, explorando a relação entre calor e pontos de ebulição. A pesquisa busca ampliar a compreensão das interações térmicas e suas aplicações práticas em análises químicas e caracterização de substâncias, destacando a importância do calor nas reações e na identificação de compostos.

Palavras-chave: Propriedades térmicas; Caracterização de substâncias; Reações químicas.

### 1 INTRODUÇÃO

O estudo das propriedades térmicas e das reações químicas é essencial para entender os princípios da termodinâmica e a transferência de calor. Este artigo investiga as características térmicas de diversas substâncias e reações químicas, utilizando técnicas calorimétricas para determinar os calores específicos do cobre e da água. A análise inclui reações exotérmicas, como a dissolução do hidróxido de sódio (NaOH) em água e a neutralização com ácido clorídrico (HCl), com foco no calor liberado durante esses processos.

Além disso, será avaliada a concentração alcoólica de um licor de laranja por meio da ebulliometria, explorando como o calor influencia a identificação de compostos com base em seus pontos de ebulição. Esta investigação busca não apenas ampliar o conhecimento sobre as interações térmicas e reações químicas, mas também evidenciar a importância prática dessas propriedades nas análises químicas e na caracterização de substâncias. Caracterização de substâncias químicas e alimentares.

## 2 DESENVOLVIMENTO

### 2.1 ANÁLISE DO CALOR ESPECÍFICO DO COBRE EM COMPARAÇÃO À ÁGUA

Segundo Atinks (2018), a capacidade calorífica ( $C_p$ ) representa a relação entre a quantidade de calor fornecida e a variação de temperatura observada. Uma capacidade calorífica elevada indica que uma quantidade específica de calor provoca apenas uma pequena alteração na temperatura, enquanto uma capacidade baixa resulta em um aumento mais considerável. Esse conceito é crucial para entender como diferentes materiais reagem à transferência de calor sob diversas condições.

Nos experimentos calorimétricos, como a combinação de um metal aquecido com água a uma temperatura inicial inferior, o calor específico possibilita a medição da energia térmica trocada, com base no princípio da conservação da energia: o calor perdido por um corpo é absorvido por outro.

Além disso, o estudo do calor específico fundamenta a termodinâmica e possui amplas aplicações práticas, especialmente na caracterização de materiais e no desenvolvimento de processos térmicos. A compreensão da redistribuição da energia térmica em interações entre diferentes corpos é essencial para aprofundar o entendimento dos fenômenos térmicos.

#### 2.1.1 Processo Experimental

No experimento, foram utilizados um calorímetro de poliestireno, um béquer, um termômetro, um ebulidor, um suporte universal, um agitador magnético e uma amostra de cobre. O processo teve início com o aquecimento do bloco de cobre dentro de um béquer com 1 L de água, até que o sistema atingisse a ebulição e o equilíbrio térmico. Posteriormente, o cobre aquecido foi rapidamente transferido para o calorímetro, que continha 200 ml de água à temperatura ambiente, assegurando que o metal não entrasse em contato com o fundo do recipiente. A variação de temperatura foi registrada até que o sistema alcançasse um novo equilíbrio. Para calcular o calor específico da água, o ebulidor foi imerso em um béquer com 1 L de água e ligado, enquanto a tensão e a resistência do aparelho eram monitoradas. Assim que a temperatura da água atingiu entre 70 e 80 °C, o ebulidor foi desligado, e foram anotados o tempo de aquecimento e a variação de temperatura.

### 2.1.2 Resultados e Discursão

Os dados experimentais revelaram que a massa da amostra de cobre utilizada foi de 8,25 g, com uma temperatura inicial de 97,4 °C, enquanto a temperatura da água começou em 24,8 °C, resultando em uma temperatura final do sistema de 25,1 °C. No segundo experimento, a temperatura inicial da água foi de 25,1 °C e a temperatura final alcançada foi de 78,5 °C. A tensão elétrica do ebulidor foi de 220 V, com uma resistência de 33  $\Omega$ , e o aquecimento durou 151 segundos. O calor específico calculado para o cobre foi de aproximadamente 0,420 kJ/(kg·K) e para a água foi estimado em 4,11 kJ/(kg·K).

Esse contraste ilustra a capacidade térmica distinta dos materiais, o que é relevante em aplicações que exigem controle térmico preciso, permitindo selecionar o material mais adequado conforme as necessidades de absorção ou dissipação de calor. Em relação aos valores padrão, os resultados experimentais para o calor específico do cobre e da água apresentam uma

leve variação. O valor de referência para o cobre é de aproximadamente 0,385 kJ/(kg·K), enquanto para a água é de cerca de 4,186 kJ/(kg·K). O cálculo do erro relativo indica desvios de 9,09 % para o cobre e 1,82 % para a água, o que evidencia a consistência dos resultados obtidos em relação aos valores conhecidos, embora pequenas discrepâncias possam ser atribuídas a fatores experimentais.

## 2.2 DETERMINAÇÃO DA ENTALPIA DE REAÇÕES ATRAVÉS DA CALORIMETRIA

Rosemberg et al. (2013) destacam que, em experimentos de laboratório que envolvem reações químicas em sistemas abertos, a entalpia é crucial para a medição da troca de calor, já que sua variação indica a quantidade de calor que é absorvida ou liberada sob pressão constante. Essas reações podem ser classificadas como endotérmicas, quando absorvem calor, ou exotérmicas, quando liberam calor. A variação de entalpia ( $\Delta H$ ) é fundamental para entender a dinâmica energética das reações e como o calor é transferido entre as substâncias envolvidas, sendo essencial para analisar o comportamento térmico dos reagentes em diferentes condições.

A medição do calor nas reações químicas é vital para compreender diversos fenômenos, sendo a calorimetria e a Lei de Hess as principais ferramentas utilizadas nesse contexto. De acordo com Lima (2015), a Lei de Hess afirma que a variação de entalpia de uma reação depende apenas dos estados inicial e final, independentemente do caminho seguido, o que possibilita calcular a entalpia de reações complexas a partir de dados de reações mais simples. É importante levar em conta o estado físico dos reagentes, pois isso impacta significativamente os resultados. A precisão das medições é assegurada pela rigorosidade experimental e pelo princípio da conservação de energia. Os objetivos do experimento incluem determinar o calor de solução e de neutralização e verificar a Lei de Hess, com o intuito de validar a precisão dos dados obtidos e aprofundar a compreensão dos processos térmicos nas reações químicas.

### 2.2.1 Processo Experimental

No experimento, foram utilizados um calorímetro de poliestireno, uma proveta, um termômetro, um agitador magnético e amostras de hidróxido de sódio (NaOH) e ácido clorídrico (HCl). A primeira etapa envolveu a determinação do calor de solução do hidróxido de sódio, onde 200 mL de água foram colocados no calorímetro e, após registrar a temperatura inicial, 4,0 g de NaOH foram adicionados e agitados por 3 minutos até que o sólido se dissolvesse completamente. A temperatura final foi então medida, e tanto o conteúdo do calorímetro quanto o termômetro foram descartados e limpos. Em seguida, para medir o calor de neutralização, foram preparados 200 mL de uma solução de HCl 0,5 M, cuja temperatura inicial foi anotada após a agitação. Após adicionar 4,0 g de NaOH e agitar novamente, a temperatura final foi registrada. Por último, 100 mL de uma solução de NaOH 1 M tiveram sua temperatura anotada antes da adição de 100 mL de solução de HCl 1 M ao calorímetro, onde a temperatura foi medida mais uma vez. A solução de NaOH foi cuidadosamente agitada por 2 minutos antes que a temperatura final fosse registrada, e o conteúdo do calorímetro e o termômetro foram lavados. A temperatura inicial foi calculada como a média das temperaturas das soluções de HCl e NaOH.

### 2.2.2 Resultados e Discursão

Os resultados experimentais indicaram que, no primeiro teste, a temperatura inicial do sistema era de 25 °C, enquanto a temperatura final registrada foi de 29 °C. No segundo ensaio, a temperatura inicial foi de 26 °C, e a final alcançada foi de 36 °C. No terceiro procedimento, a solução de NaOH estava a 26 °C e a de HCl a 24 °C, resultando em uma temperatura inicial de 25 °C e uma temperatura final de 32 °C. A densidade da solução de NaOH foi considerada em 1,02 g/mL, a mesma atribuída ao NaCl. O calor específico da solução de NaOH foi de 0,98 cal/(g·°C), enquanto o do NaCl foi

de  $0,95 \text{ cal}/(\text{g} \cdot ^\circ\text{C})$ . O calor específico do calorímetro foi estimado em  $12,06 \text{ cal}/^\circ\text{C}$ .

Os valores de entalpia calculados mostraram que a de formação foi aproximadamente  $-1,7 \text{ kcal/mol}$ , enquanto a de neutralização, considerada a reação global, resultou em  $-4,12 \text{ kcal/mol}$ . A entalpia da reação entre as soluções foi de  $-2,88 \text{ kcal/mol}$ . Essas variações indicam que todas as reações são exotérmicas, levando à liberação de calor, e ressaltam a influência das condições experimentais na transferência de energia térmica. A aplicação da Lei de Hess resultou em um valor global de  $-4,58 \text{ kcal/mol}$ , apresentando um erro relativo de cerca de  $10,04 \%$  em comparação com o segundo ensaio. Esses resultados confirmam a consistência dos dados e a precisão dos cálculos, evidenciando a importância da Lei de Hess na análise das reações térmicas estudadas.

### 2.3 DETERMINAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO ALCOÓLICA EM LICOR DE LARANJA UTILIZANDO EBULIOMETRIA

O licor de laranja, conforme Teixeira et al (2011), é uma bebida alcoólica produzida a partir da infusão de cascas de laranja em destilados de alta qualidade, como conhaque ou vodca. Esse processo extrai os óleos essenciais das cascas, resultando em um sabor intenso e aromático. Sua origem remonta ao século XI, quando os primeiros licores eram fabricados por monges na Europa. Com o tempo, o licor de laranja ganhou popularidade em países como França e Itália, onde marcas como Grand Marnier e Cointreau se tornaram clássicos.

A produção do licor envolve a seleção cuidadosa das laranjas, seguida pela infusão das cascas em um destilado e adoçamento com açúcar ou xarope. Há diferentes tipos de licores de laranja, cada um com características próprias; por exemplo, o Cointreau é um licor triple sec claro e seco, enquanto o Grand Marnier combina conhaque com extrato de laranja.

O ebulliômetro desempenha um papel essencial na fabricação de licores, pois permite medir a temperatura de ebulição do líquido, ajudando a

determinar a concentração alcoólica do produto. Como a temperatura de ebulição varia conforme a quantidade de álcool e outros componentes na mistura, o uso do ebulliômetro permite um controle preciso dessa variável. Ao identificar o ponto de ebulição, é possível assegurar a pureza do destilado e preservar os sabores e aromas desejados. Assim, o ebulliômetro não só auxilia na obtenção da concentração alcoólica ideal, como também contribui para a uniformidade e qualidade do licor final, assegurando o alto padrão do produto.

### 2.3.1 Processo Experimental

No experimento, foram utilizados um ebulliômetro, uma proveta, um frasco de vidro para armazenamento e amostras de conhaque, extrato de laranja, calda pérola, Aperol e água destilada. A primeira etapa envolveu a preparação do licor de laranja, onde 200 mL de conhaque foram medidos em uma proveta e transferidos para um frasco de vidro previamente higienizado e seco. Em seguida, adicionaram-se 20 mL de extrato de laranja, 120 mL de calda pérola, 40 mL de Aperol e 40 mL de água destilada, utilizando a proveta para garantir a precisão em cada medida. A mistura foi agitada cuidadosamente até que todos os componentes estivessem bem integrados e a coloração fosse uniforme.

Antes de iniciar o aquecimento, foram colocados 20 mL de água destilada no ebulliômetro e aquecidos, registrando-se a temperatura de ebulição da água. Após essa medição, a temperatura foi verificada e o resíduo foi completamente eliminado do ebulliômetro. Para homogeneizar a caldeira, uma pequena quantidade da bebida foi adicionada ao equipamento e, posteriormente descartada. Em seguida, 50 mL da mistura foram colocados no ebulliômetro e aquecidos novamente, anotando-se a temperatura de ebulição da amostra.

Para determinar a concentração de álcool, foi necessário ajustar a régua de comparação do ebulliômetro. O pino central foi removido e a escala móvel foi ajustada para que a temperatura de ebulição da água pura

coincidisse com o valor correspondente da escala alcoólica lateral. Por fim, a leitura foi realizada diretamente na escala alcoólica lateral, refletindo a concentração alcoólica da amostra de licor de laranja analisada.

### 2.3.2 Resultados e Discursão

Os dados experimentais indicaram que o volume da amostra de conhaque utilizada foi de 200 ml, com uma concentração alcoólica de 45 %, resultando em um total de 90 ml de álcool. O extrato de laranja, utilizado na proporção de 20 ml e com uma concentração alcoólica de 70 %, contribuiu com 14 ml de álcool. A colda pérola não apresentou teor alcoólico, enquanto o Aperol, com um volume de 40 ml e uma concentração alcoólica de 11 %, adicionou 4,4 ml de álcool à mistura. A água, por sua vez, com 40 ml, não trouxe álcool para a composição. Assim, o volume total da bebida alcançou 420 ml, com um total de 108,4 ml de álcool. As temperaturas registradas foram de 97,4 °C para a água pura e 89,3 °C para a bebida.

O teor alcoólico da bebida foi estimado em aproximadamente 25,8% (v/v), enquanto a medição experimental realizada por ebulimetria resultou em um valor de 24,4 % (v/v). A discrepância de 1,4, representa um erro percentual em torno de 5,43 %, o que pode ser atribuído a flutuações nas concentrações dos ingredientes e imprecisões nas medições. É importante destacar que, segundo a Instrução Normativa nº 55 de 2008 do Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA) (BRASIL, 2008), o teor alcoólico mínimo para licores é de 15 %, enquanto o máximo permitido é de 54 %. Ao comparar os valores teóricos com os resultados experimentais, observa-se que a diferença entre os teores alcoólicos calculados e medidos é pequena, sugerindo que a estimativa teórica é uma boa representação do teor alcoólico real da bebida.

## 3 CONCLUSÃO

A investigação das propriedades térmicas e das reações químicas é fundamental para compreender a termodinâmica e a transferência de calor.

Através de experimentos calorimétricos, foram analisados os calores específicos do cobre e da água, revelando diferenças significativas nas suas capacidades térmicas. Essa diferença indica que a água requer uma quantidade consideravelmente maior de energia para alterar sua temperatura, uma característica crucial em diversos processos biológicos e ambientais. A troca de calor entre o metal e a água, onde o calor perdido pelo cobre é igual ao calor ganho pela água, reforça a teoria da conservação de energia e proporciona uma compreensão mais profunda das interações térmicas entre diferentes materiais.

Além da análise do calor específico, o estudo de reações exotérmicas, como a dissolução do hidróxido de sódio e a neutralização com ácido clorídrico, evidenciou a liberação de calor durante essas transformações químicas. Os resultados mostraram que todos os processos analisados foram exotérmicos, com indicações claras da liberação de energia térmica. A aplicação da Lei de Hess, que relaciona as variações de entalpia em reações químicas, foi essencial para confirmar a coerência dos dados e a precisão dos cálculos, enfatizando a importância das propriedades térmicas na análise química. Esses resultados não apenas ampliam a compreensão dos princípios termodinâmicos, mas também destacam a relevância de monitorar as mudanças de temperatura em reações químicas.

Por fim, a determinação da concentração alcoólica do licor de laranja por meio da ebuliometria ressaltou a importância das propriedades térmicas na caracterização de substâncias, mostrando como o conhecimento dessas propriedades pode otimizar processos e garantir a qualidade de produtos químicos e alimentares.

## REFERÊNCIAS

ATKINS, Peter. Princípios de química : questionando a vida moderna e o meio ambiente. 7. Porto Alegre: ArtMed 2018

BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Instrução Normativa 55. Brasília, DF, 31 out. 2008. Disponível em: [https://www.normasbrasil.com.br/norma/instrucao-normativa-55-2008\\_76957.html](https://www.normasbrasil.com.br/norma/instrucao-normativa-55-2008_76957.html). Acesso em: 04 nov. 2024.

LIMA, Luís. S. Lei de Hess. *Revista de Ciência Elementar*, [S.l.], v. 3, p. 094, 2015.

ROSENBERG, Jerome L. et al. *Química Geral*. 9. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013. (Coleção Schaum).

TEIXEIRA, Luciano José Quintão et al. *Tecnologia, Composição e Processamento de Licores*. 12. ed. Goiânia: Centro Científico Conhecer, 2011. Disponível em: <https://www.conhecer.org.br/enciclop/2011a/agrarias/tecnologia.pdf>. Acesso em: 04 nov. 2024.

Sobre o(s) autor(es)

Wesley Thölken, Discente do curso de graduação em Engenharia Química, Unoesc, Videira, SC, e-mail: [wesley.tholken@unoesc.edu.br](mailto:wesley.tholken@unoesc.edu.br)

Rodrigo Geremais, Docente do curso de graduação em Engenharia Química, Unoesc, Videira, SC, e-mail: [rodrigo.geremais@unoesc.edu.br](mailto:rodrigo.geremais@unoesc.edu.br)