

Uma análise físico-química e teórico-prática sobre os icebergs

A physical-chemical and theoretical-practical analysis of icebergs

Un análisis físico-químico y teórico-práctico de los icebergs

Recebido: 18/09/2024 | Revisado: 02/10/2024 | Aceitado: 04/10/2024 | Publicado: 08/10/2024

Alice Aparecida da Silva Oliveira

ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-1350-5281>
Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Brasil
E-mail: aliceaparecida178@gmail.com

Blendha Pereira Santos

ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-0890-2650>
Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Brasil
E-mail: blendhapereirasantoss@gmail.com

Marcela Mendes da Silva

ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-5318-9452>
Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Brasil
E-mail: marcelamendes2310@gmail.com

Maria Clara Campos Damiani

ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-4860-0692>
Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Brasil
E-mail: mariaclaraadamiani@yahoo.com

Priscila Ferreira de Sales Amaral

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9313-9575>
Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Brasil
E-mail: priscila.sales@cefetmg.br

Resumo

Este trabalho tem como objetivo apresentar uma discussão teórico-prática sobre os icebergs por meio de um delineamento experimental simples, com materiais de baixo custo, exemplificado pelo sistema constituído por um cubo de gelo inserido em um copo de água potável. Buscou-se verificar os efeitos da temperatura da água e da concentração da solução no processo de fusão, para então correlacionar com as condições externas que poderiam ou não favorecer o derretimento dos icebergs. Para atingir o objetivo proposto, cubos de gelo foram retirados do congelador e então inseridos em recipientes que continham água líquida em temperaturas distintas. O segundo delineamento experimental contou com a inserção do cubo em soluções com diferentes concentrações de cloreto de sódio, cujos resultados foram comparados ao da água potável. A análise comparativa indicou que a redução da temperatura da água na qual o gelo foi inserido aumentou o tempo necessário para completar a fusão. Por outro lado, quando a temperatura foi mantida, evidenciou-se que a inserção do cloreto de sódio aumentou o intervalo de tempo necessário. Ressalta-se a importância do desenvolvimento deste trabalho, uma vez que a análise dos resultados poderá responder às indagações de fatos cotidianos relacionados aos flutuantes blocos de gelo.

Palavras-chave: Gelo; Água; Fusão; Ensino e aprendizagem; Ensino de Física; Ensino reflexivo.

Abstract

This research aims to present a theoretical-practical discussion about icebergs through a simple experimental design, with low-cost materials, exemplified by the system consisting of an ice cube inserted into a glass of drinking water. We sought to verify the effects of water temperature and solution concentration on the melting process, to then correlate with external conditions that could or could not favor the melting of icebergs. To achieve the proposed objective, ice cubes were removed from the freezer and then inserted into containers that contained liquid water at different temperatures. The second experimental design involved inserting the cube into solutions with different concentrations of sodium chloride, the results of which were compared to those of drinking water. Comparative analysis indicated that reducing the temperature of the water to which the ice was added increased the time required to complete melting. On the other hand, when the temperature was maintained, it was evident that the addition of sodium chloride increased the necessary time interval. The importance of developing this work is highlighted, since the analysis of the results will be able to answer questions about everyday facts related to floating blocks of ice.

Keywords: Ice; Water; Fusion; Teaching and learning; Teaching Physics; Reflective teaching.

Resumen

Este trabajo tiene como objetivo presentar una discusión teórico-práctica sobre los icebergs a través de un diseño experimental simple, con materiales de bajo costo, ejemplificado por el sistema consistente en un cubo de hielo insertado en un vaso de agua potable. Buscamos verificar los efectos de la temperatura del agua y la concentración de la solución en el proceso de fusión, para luego correlacionarlos con condiciones externas que podrían o no favorecer el derretimiento de los icebergs. Para lograr el objetivo propuesto, se sacaron cubitos de hielo del congelador y luego se introdujeron en recipientes que contenían agua líquida a diferentes temperaturas. El segundo diseño experimental consistió en introducir el cubo en soluciones con diferentes concentraciones de cloruro de sodio, cuyos resultados se compararon con los del agua potable. El análisis comparativo indicó que reducir la temperatura del agua a la que se añadió el hielo aumentó el tiempo necesario para completar la fusión. Por otro lado, cuando se mantuvo la temperatura se evidenció que la adición de cloruro de sodio aumentó el intervalo de tiempo necesario. Se destaca la importancia de desarrollar este trabajo, ya que el análisis de los resultados permitirá responder preguntas sobre hechos cotidianos relacionados con los bloques flotantes de hielo.

Palabras clave: Hielo; Agua; Fusión; Enseñanza y aprendizaje; Enseñanza de la Física; Enseñanza reflexiva.

1. Introdução

Por meio da ação das ondas e marés nas geleiras, são formados os icebergs, que consistem em volumes flutuantes de gelo. Nesse sentido, torna-se evidente presumir que estes se encontram nas áreas polares do planeta Terra, as quais incluem especialmente os Oceanos Glacial Ártico e Antártico (Saraiva, 2018; Amaral et al., 2022).

Por serem constituídos de água doce e pertencerem ao estado sólido, sua densidade torna-se menor do que a da água salgada que compõe os mares e oceanos, o que explica o fato de ficarem com a maior parte de sua massa submersa, muitas vezes inimaginável para os seres humanos (Amaral et al., 2022).

Os icebergs podem se mover a uma velocidade que se mostra dependente de fatores externos, que inclui a atuação das correntes marítimas. Vale salientar que o seu derretimento é influenciado por condições climáticas, dentre as quais destaca-se neste trabalho o efeito da temperatura da água na qual eles estão envolvidos (Amaral et al., 2022).

Vale ressaltar que a formação dos icebergs reflete um comportamento muito similar ao que se observa quando se coloca um cubo de gelo em um copo de água potável. Isso ocorre devido à presença das forças intermoleculares, ou seja, as forças que atuam entre as moléculas (Amaral et al., 2022).

Sabe-se que a água é um líquido polar, o que implica dizer que suas moléculas apresentam dois polos: positivo (nos átomos de hidrogênio terminais) e negativo (no átomo central de oxigênio). Os polos de sinais contrários e de moléculas diferentes se atraem e essa atração é chamada de ligação de hidrogênio, considerada como um tipo de interação muito forte (Brown et al., 2016; Atkins; Loreta, 2018; Amaral et al., 2022).

Como no estado sólido as moléculas estão se movimentando com uma menor velocidade, pode-se inferir que neste físico exista maior possibilidade de interação entre as moléculas. A configuração hexagonal adquirida, em forma de colmeia, faz com que a água no estado sólido (gelo) tenha uma grande região de espaços vazios, configurando em um aumento de volume (extensão) ocupado e a consequente redução de densidade, comprovando o fenômeno observado (Brown et al., 2016; Lisboa et al., 2016; Atkins; Loreta, 2018; Amaral et al., 2022).

No estudo dos icebergs, pode-se mais uma vez fazer uma analogia entre a fusão de gelo e o derretimento dos grandes blocos flutuantes na água, pois o processo físico acontece de maneira muito similar ao derretimento desses blocos, sendo verificado que a temperatura do líquido ao redor tende a diminuir e com isso acontecer variações da densidade da água líquida (Superinteressante, 2013).

Do ponto de vista físico vale salientar que a flutuação do iceberg também pode ser explicada pelo Princípio de Arquimedes, no qual afirma-se que o peso de todo o líquido que um iceberg desloca é maior que seu peso, permitindo com que este flutue (Superinteressante, 2013).

Conforme descrito, quando se estuda a fusão do gelo em um copo de água, pode-se levantar proposições que envolvem o estudo dos icebergs e que constituem uma temática interdisciplinar vinculada às diferentes abordagens.

Dentre essas, pode-se destacar o estudo das forças intermoleculares, comportamento anômalo da água, densidade de sólidos e líquidos, princípios de Termoquímica, Princípio de Arquimedes, energia, calor sensível, calor latente, concentração de soluções, propriedades coligativas, escalas de temperatura e paradoxo hidrostático de Galileu.

Não obstante, evidencia-se ainda a possibilidade de o trabalho poder gerar discussões que vislumbrem o entendimento do ser humano, pois através da metáfora do iceberg, é possível fazer uma analogia acerca dos limites da capacidade do ser humano ter autoconhecimento para encontrar meios e condições suficientes para a sua mudança (Freud, 1933).

Diante do que foi abordado, este trabalho tem como objetivo apresentar uma discussão teórico-prática sobre os icebergs por meio de um delineamento experimental simples, com materiais de baixo custo, exemplificado pelo sistema constituído por um cubo de gelo inserido em um copo de água potável.

Esta produção científica também procurou simular situações vinculadas à formação dos grandes blocos de gelo flutuantes nas águas, de modo a desenvolver um ambiente de laboratório prático para se aplicar conhecimentos construídos nos cursos técnicos e integrados de uma Instituição Federal de ensino, em que a equipe pode desenvolver habilidades interdisciplinares ao aliar conteúdo das disciplinas de Matemática, Física, Biologia, Química e Filosofia. Por fim, buscou-se estabelecer uma reflexão para se compreender o ser humano, a partir do seu autoconhecimento, em que se enfatiza a aproximação com os estudantes numa tentativa de melhoria do ensino laboratorial.

2. Metodologia

Conforme pode ser relatado, as pesquisas buscam produzir novos saberes para a sociedade (Pereira et al., 2018). Partindo desse pressuposto, o trabalho proposto constitui-se de uma experimentação, de natureza qualitativa e quantitativa, voltada para o ensino principalmente em nível de educação básica e, cuja metodologia foi conduzida em etapas em um laboratório de Química. Aponta-se ainda o aspecto de estudo reflexivo que visa aproximar os estudantes ao ensino de Física e da termodinâmica, na medida em que estes buscaram encontrar semelhanças com o comportamento humano e então mostrar que as ciências exatas podem ter paralelos que as unem às pessoas.

2.1 Efeito da temperatura no processo de fusão do gelo

A fim de verificar o efeito da temperatura da água na fusão e ampliar discussões relacionadas aos icebergs, foram inseridos bloquinhos de gelo de 27,6 g (30 mL) no interior de recipientes contendo 75 mL de água em água fria (13 °C), temperatura ambiente (26 °C) e água quente (51 °C). Foi aferida a temperatura da água nos tempos correspondentes a 1 minuto, 2 minutos, 5 minutos, 10 minutos, 15 minutos e até efetivar a mudança de estado físico.

Deve-se ressaltar que os experimentos foram conduzidos em triplicata de modo a garantir a reprodutibilidade e em sistema aberto, com o intuito de validar as condições ambientais.

2.2 Efeito da concentração da solução no processo de fusão do gelo

A fim de verificar o efeito da concentração da solução e ampliar discussões relacionadas à localização dos icebergs, foram inseridos bloquinhos de gelo de 27,6 g (30 mL) no interior de recipientes contendo 75 mL em água da torneira e em soluções de NaCl que simulavam a concentração da água doce (500 ppm-0,5 g/L) e da água do mar (aproximadamente 2,98 g/L).

Foi avaliada a temperatura da água nos tempos correspondentes a 1 minuto, 2 minutos, 5 minutos, 10 minutos, 15 minutos e até efetivar a mudança de estado físico.

Mais uma vez destaca-se que os experimentos foram conduzidos em triplicata de modo a garantir a reprodutibilidade e em sistema aberto, com o intuito de validar as condições ambientais.

3. Resultados e Discussão

3.1 Avaliação do efeito da temperatura

A água, quando está no estado sólido, apresenta uma forma bem coesa, cujos átomos estão organizados em uma estrutura denominada rede cristalina. Para que ocorra o processo de fusão é necessário o recebimento de energia, caracteriza um processo endotérmico. Como o sistema é aberto e pode trocar além de matéria, energia, essa também pode ser recebida das vizinhanças (ar circundante e água em contato) (Brown et al., 2016; Lisboa et al., 2016; Atkins; Loreta, 2018).

A análise do processo de fusão do gelo na água em temperaturas distintas revelou que em todos os casos houve uma redução da temperatura do líquido. Isso pode ser vinculado ao fato de a água líquida fornecer parte da energia para a ocorrência do processo de fusão do gelo.

A energia recebida foi então transformada em cinética, uma forma associada com a velocidade/movimento, que pode ocasionar a vibração e a conseguinte elevação da temperatura no interior do gelo. A movimentação promove o rompimento da rede cristalina no gelo, providenciando a transformação para a fase líquida (Brown et al., 2016; Lisboa et al., 2016; Atkins; Loreta, 2018)

Nesse caso, observa-se que a energia em transferência é simplesmente usada para a ocorrência da transformação. Isso porque a tendência do comportamento de uma substância pura é manter constante a sua temperatura de fusão. O calor latente é então responsável por essa transformação e pode ser determinado pela seguinte fórmula:

$$Q = m \cdot L \tag{1}$$

Em que: Q corresponde à quantidade de calor latente, m= massa do corpo e L= calor latente de fusão

Sabendo-se que a densidade do gelo é de aproximadamente $0,92 \text{ g mL}^{-1}$ e que o volume utilizado no experimento foi de 30 mL, a quantidade em massa de gelo foi de 27,6 gramas. Diante da informação de que o calor latente de fusão do gelo é de 80 cal g^{-1} , evidencia-se que para essa massa de gelo, seria necessária a absorção de 2208 calorias para acontecer o processo físico (Brown et al., 2016; Lisboa et al., 2016; Atkins; Loreta, 2018; Brasil Escola, 2024).

Sabendo-se que a fusão do gelo ocorre na temperatura de $0 \text{ }^\circ\text{C}$ ($273,15 \text{ K}$), pode-se evidenciar que a contribuição do processo sobre a variação de entropia do sistema foi correspondente a $8,08 \text{ J K}^{-1}$. A variação de entropia é positiva porque o valor de q_{rev} é positivo, fato que deve ocorrer porque o calor flui no processo endotérmico (Brown et al., 2016; Lisboa et al., 2016; Atkins; Loreta, 2018).

Por outro lado, a água líquida manteve o seu estado físico e modificou a sua temperatura, sendo possível quantificar o calor sensível observado durante a transformação.

Para a água que estava na temperatura ambiente foi verificada uma variação de temperatura correspondente a $14,5 \text{ }^\circ\text{C}$, o que permite presumir que esta forneceu 1084,03 calorias. Como ocorreu a completa fusão no tempo de 19 minutos na temperatura ambiente, pode-se inferir que parte da energia recebida para a ocorrência do processo foi fornecida pelo ambiente, uma vez que o experimento foi conduzido em sistema aberto.

Por outro lado, a água fria forneceu a quantidade de energia correspondente a 247,35 calorias para uma variação de temperatura de $3,3 \text{ }^\circ\text{C}$. Como a quantidade de energia fornecida pela água fria é praticamente um quarto da quantidade de água

fornecida pela água na temperatura ambiente, evidenciou-se que o processo de fusão do gelo aconteceu em um intervalo de tempo superior, sendo identificado em aproximadamente 31 minutos. Mais uma vez levanta-se a hipótese de que a quantidade de energia restante e necessária ao processo foi fornecida pelas vizinhanças do sistema aberto.

Para a água quente, a quantidade de energia relacionada à sua variação de temperatura foi de 2407,60 cal, o que evidencia que embora tenha perdas para a vizinhança, a quantidade de energia é elevada e até superior ao valor necessário para que ocorresse esse processo. Esse fato foi comprovado pelo tempo em que se completou a fusão, correspondente a 5 minutos.

Diante dos resultados apresentados, a análise comparativa da água em diferentes temperaturas indicou que a redução da temperatura do líquido no qual o gelo foi inserido, aumentou o tempo necessário para completar a mudança de estado físico. O fenômeno está associado ao fato de a variação de temperatura ser menor quando a água está mais fria, o que implica dizer que a quantidade de energia fornecida também será menor. Sendo assim, ratifica-se que a transferência de calor entre dois corpos é proporcional à diferença de temperatura entre eles (Brown et al., 2016; Lisboa et al., 2016; Atkins; Loreta, 2018; Portal São Francisco, 2024).

Esses resultados justificam o fato de os icebergs serem comumente encontrados nas áreas regiões mais frias do planeta Terra, como no Atlântico Norte e nas proximidades do continente antártico, ao Sul (Saraiva, 2018; Amaral et al., 2022).

Conforme relatado, em todos os experimentos que foram realizados, ao ocorrer a fusão do gelo no copo com água, a temperatura do líquido diminui. Com efeito, pode-se identificar a ocorrência de variações de volume e da densidade da água líquida. Porém, foi verificado na literatura que na faixa de temperatura estudada, a variação da densidade de acordo com a temperatura é tão pequena que pode ser considerada constante (Brown et al., 2016; Lisboa et al., 2016; Atkins; Loreta, 2018).

Por meio dessa análise também é possível relacionar o efeito da variação da temperatura da água com a avaliação do aquecimento global no aumento do número dos icebergs em volta da Antártida. De acordo com abordagens descritas na literatura, a elevação da temperatura faz com que os blocos gigantes de gelo se rompam da calota (BBC Brasil.com, 2007; BBC News, 2022; Capital Financeiro, 2024).

Análises termoquímicas indicam que a temperatura mede o grau de agitação das moléculas, sendo que serão tão maiores quanto maior for a energia cinética das partículas constituintes do sistema. Nesse sentido, quando um iceberg se desloca para as regiões em que a temperatura do oceano está mais elevada, presume-se que o descongelamento se torne acelerado (Saraiva, 2018; Amaral et al., 2022; IBF, 2024; Observatório do teor setor, 2024; Veja, 2024).

Os resultados experimentais também estão de acordo com outras abordagens cotidianas, uma vez que de acordo com a literatura, o iceberg leva até dois anos para derreter totalmente. Conforme pode ser visto ao longo do experimento, este tempo pode variar bastante. Caso ele viaje pelo oceano, o seu derretimento é mais rápido, já que se observa a ação das ondas e da temperatura. Porém, quando ele fica retido perto da costa, dura mais (Fraga, 2007).

Embora existam aspectos negativos relacionados ao derretimento dos icebergs, alguns pesquisadores indicam que esse processo pode acarretar em um efeito positivo, uma vez que de acordo com estes, na medida em que os icebergs fundem, liberam material rico em ferro, fato que estimula o desenvolvimento de ecossistemas marinhos que podem ajudar a remover o CO_{2(g)} da atmosfera. Esse desenvolvimento inclui o aumento de fitoplâncton, que atrai outras criaturas marinhas (BBC Brasil, 2007).

Nesse sentido, os cientistas encontraram populações de aves, krill (um pequeno crustáceo, semelhante ao camarão), algas e peixes sobre e em volta dos icebergs. As algas e krill seriam então os responsáveis por retirarem o CO_{2(g)} atmosférico (BBC Brasil, 2007).

Por outro lado, verifica-se que aquecimento global, que provoca o derretimento de geleiras e icebergs, tende a colaborar para a ocorrência de grandes variações térmicas em escala global na medida em que altera significativamente a temperatura média de oceanos e mares no planeta (Saraiva, 2018; Amaral et al., 2022).

Essas variações na temperatura, por sua vez, ocasionam fenômenos climáticos extremos, como *El Niño* e *La Niña*, os quais são responsáveis por prolongadas estiagens, furacões e precipitações intensas (Oliveira, 2002; Amaral et al., 2022).

3.2 Avaliação do efeito da concentração da solução no processo de fusão do gelo

Conforme descrito no item anterior, a fusão do gelo no recipiente contendo a água da torneira aconteceu em aproximadamente 19 minutos.

Para a solução de NaCl que exibia a concentração salina similar à de água doce (500 ppm- 0,5 g/L), o processo ocorreu em 20 minutos. O aumento do intervalo de tempo para a ocorrência do processo se deveu à uma menor variação da temperatura da água presente na solução, o que por sua vez forneceu uma menor quantidade ao sistema, correspondente a 968,31 calorias.

Por outro lado, para o processo ocorrido quando a concentração da solução salina foi similar à da água do mar (2,98 g/L), a fusão ocorreu em um tempo médio de 28 minutos e 30 segundos, cuja quantidade de energia fornecida foi de 937,84 calorias.

Com estes resultados, pode-se presumir que na medida em que se adiciona sal à água, o soluto sofre o fenômeno de dissociação iônica, o qual origina os íons $\text{Na}^+_{(\text{aq})}$ e $\text{Cl}^-_{(\text{aq})}$. Os íons provenientes do processo interagem com as moléculas de água mediante as interações do tipo íon-dipolo, o que acaba dificultando o fluxo de energia na forma de calor para o gelo que está passando pelo processo de fusão. Quanto menor a quantidade de calor fornecida, maior o intervalo de tempo necessário para a ocorrência do processo. De fato, observou-se que o aumento da concentração da solução pronunciou o efeito observado (Lisboa et al., 2016).

Por outro lado, pode-se levantar a proposição de que se a experimentação fosse feita simulando a concentração salina do Mar Morto, a fusão aconteceria em um tempo superior aos obtidos neste estudo. Isso porque no Mar Morto evidencia-se uma região de baixa umidade de ar e verão com médias térmicas elevadas, em que a taxa de evaporação é alta. Essas condições contribuem para o aumento da concentração de sais. Estima-se que em sua composição haja aproximadamente 300 gramas de sais (por exemplo: MgCl_2 , NaCl e CaCl_2) para cada litro de água, nível quase 10 vezes superior à média de salinidade de mares e oceanos (Lisboa et al., 2016; Amaral et al., 2022).

Os resultados obtidos no laboratório podem então ser comparados ao que ocorre na natureza, o que permite inferir que icebergs existentes em água doce derreteriam em menos tempo, quando se compara o processo ocorrido na água salgada.

De acordo com abordagens descritas na literatura, embora os icebergs sejam frequentemente encontrados em águas salgadas, eles podem existir em águas doces. Conforme já foi relatado, os icebergs consistem em grandes blocos de gelo que se desprendem de geleiras ou de plataformas de gelo e que se movem para o mar, onde o ambiente é salgado. Isso é comum, mas não exclusivo. Isso porque quando advém da neve que caiu em terra firme, o gelo dos icebergs é de água doce (Invivo, 2024).

Entretanto, vale salientar que embora os icebergs em água doce e salgada fluam da mesma forma, a densidade da água doce é diferente, o que faz com que o seu comportamento varie um pouco. Icebergs em água doce são encontrados no lago de Jökulsárlón na Islândia, em que se desprendem da geleira Vatnajökull e flutuam para o lago glacial de Jökulsárlón. Outros podem ainda ser vistos flutuando nos lagos e fiordes da Antártica, onde as geleiras encontram corpos d'água doce (Invivo, 2024).

3.3 A fusão do gelo e a manutenção no nível da água

Durante a realização dos experimentos de fusão do gelo no copo contendo água em diferentes meios e temperaturas, verificou-se que durante o processo físico, o líquido resultante ocupou o mesmo volume que a parte submersa que o cubo de

gelo ocupava abaixo da superfície do líquido. Nesse sentido verificou-se que o nível da água no recipiente não foi alterado durante a mudança de estado.

A explicação para a invariância do nível da água no recipiente pode ser conseguida partindo-se apenas da análise de equilíbrio do conteúdo do recipiente e da Lei de Stevin. Uma vez que todo o conteúdo está em repouso, o valor do peso (P) é igual ao valor da força no fundo do recipiente (F). Ou seja, $P=F$ (Gomes et al., 2019).

O valor da força vertical F que o fundo recipiente faz sobre o líquido é o produto da diferença de pressão entre a superfície livre da água e o fundo pela área A do fundo. Mas esta diferença de pressão é, em acordo com a Lei de Stevin, o produto da densidade d da água pela aceleração da gravidade g e pela altura h (desnível entre o fundo do recipiente e a superfície livre da água). Ou seja, $F= d.g.h.A$ (Gomes et al., 2019).

Correlacionando o resultado obtido experimentalmente, conduzido em bancada, com situações cotidianas, é observado que, para algumas abordagens descritas na literatura, o derretimento de um iceberg não provoca aumento no volume da água do mar. Isso porque é possível detectar apenas uma mudança no estado físico da água, a qual passa do estado sólido para o líquido. Além disso, pode-se ainda inferir que o bloco de gelo estava, em sua maior parte, submerso na água, assim como o iceberg no mar (CNN Brasil, 2021).

Entretanto, recentes estudos reportam que o derretimento acelerado das geleiras como um todo pode provocar esse aumento no nível do mar porque boa parte desse gelo está presente nas porções continentais da Terra. Nesse caso, ocorreria aumento no nível da água existente nos oceanos e mares (Iberdrola, 2024).

3.4 O iceberg e o lado obscuro do ser humano

A realização do experimento em todas as condições avaliadas (temperatura inicial da água circundante e concentração da solução) indicou que grande parte do gelo ficou submersa, o que permite associar os resultados à existência dos icebergs e então dissertar sobre análises vinculadas à psicologia e psicanálise, por meio da “metáfora do iceberg”. Esta consiste em uma representação muito discutida e que busca entender, de maneira mais adequada, o quanto a mente humana pode ser complexa e ao mesmo tempo cativante (Freud, 1933; Jones, 2003; USCS, 2024).

Quando se estuda um iceberg, verifica-se que ele, em suma, é dividido em duas partes: a visível, ou seja, a que permanece acima do nível da água, e a invisível, que permanece abaixo do nível da água. Para uma análise conduzida à avaliação do ser humano, percebe-se que a parte visível do iceberg, que emerge acima da água, representa o que as pessoas conseguem enxergar: ações, comportamentos sociais, isto é, o que o próprio indivíduo decide compartilhar. No entanto, a verdadeira essência do ser, assim como a maior parte de um iceberg, está submersa: seus pensamentos e seu real caráter (Freud, 1933; Jones, 2003; USCS, 2024).

De acordo com Freud, a mente humana é composta por três níveis: consciente, pré-consciente e inconsciente. Por essa teoria, os pensamentos, sentimentos e desejos estão presentes em diversos níveis de profundidade na mente, sendo que muitos deles permanecem ocultos no inconsciente (Freud, 1933; Jones, 2003; USCS; 2024).

Pode-se presumir que o lado invisível do ser humano pode estar vinculado aos problemas de saúde mental e que incluem, dentre outros, ansiedade social, fobias, dificuldades ou romantização em relacionamentos familiares, procrastinação persistente, dificuldade em tomar decisões, culpa excessiva, fantasias recorrentes e necessidade de aprovação (Freud, 1933; Jones 2003; USCS; 2024).

O iceberg pode também ser comparado ao contexto de violências nas escolas, onde o comportamento dos indivíduos pode ser comparado à ponta visível do iceberg, ou seja, aquilo que está no consciente e é perceptível externamente. A contextualização psicológica do iceberg na compreensão de comportamentos agressivos em ambientes educacionais remete à

ideia de que grande parte dos comportamentos agressivos visíveis são apenas a ponta de um vasto conjunto de fatores subjacentes (Freud, 1933; Jones, 2003; USCS, 2024).

Assim como um iceberg revela apenas uma pequena porção de sua estrutura acima da água, as atitudes agressivas manifestadas por indivíduos em contextos educacionais podem estar enraizadas em questões emocionais, psicológicas, sociais e familiares mais profundas. Sendo assim, é necessário adotar abordagens que busquem compreender, lidar e dar suporte ao indivíduo, a fim de promover um ambiente educacional mais saudável e seguro (Freud, 1933; Jones, 2003; USCS, 2024).

Por fim, visualizar a *psique* como um iceberg auxilia a lembrar que sempre há muito nos indivíduos que não enxergamos e também representa como a jornada de autoconhecimento é contínua e exige exploração e disposição para olhar além do que é visível (Freud, 1933; Jones 2003; USCS, 2024).

Diante do que foi abordado, pode-se evidenciar que os resultados obtidos permitiram extrapolar a experiência laboratorial, na medida em que o delineamento experimental fez com a equipe trabalhasse conceitos relacionados ao ensino de física e termodinâmica, além de conseguir desenvolver uma reflexão, em que pode associar à psique humana. Nesse sentido, o experimento com materiais de baixo custo e fácil acesso pode se constituir em uma estratégia de ensino e aprendizagem, em que busca aproximar o lado experimental laboratorial ao humano.

4. Considerações Finais

Os resultados apresentados neste trabalho permitem responder às indagações relacionadas aos icebergs, em que foi possível demonstrar que quanto maior a temperatura da água, mais rápido se tornou o processo de fusão do gelo, o que permite inferir que o aquecimento global tende a ocasionar o derretimento dos icebergs de maneira intensificada.

Verificou-se ainda que na medida em que foi adicionado cloreto de sódio na água potável, a fusão demandou um intervalo de tempo mais elevado, justificável pela interação íon-dipolo existente entre o soluto e o solvente. Os resultados obtidos permitem presumir que os icebergs perduram no ambiente justamente porque a água do mar é constituída por distintos sais que podem interagir com a água e então dificultar o fluxo de energia na forma de calor para ocasionar o seu derretimento.

Pode-se observar experimentalmente que o nível de água não foi modificado quando o gelo derreteu, o que permite entender o motivo do derretimento dos icebergs não ocasionar o aumento do nível das águas.

Por fim, evidenciou-se que grande parte do gelo inserido no copo de água está submerso, fato comparável à mente humana, descrita por meio da metáfora de Freud e que demonstra como o ser humano é dotado de uma complexidade de sentimentos que é invisível ao olho humano.

Diante de todos os resultados obtidos e discussões realizadas, verifica-se a relevância desta pesquisa, pois é ressaltada uma abordagem interdisciplinar na abordagem de situações cotidianas vinculadas aos gigantescos blocos de gelo flutuantes, o que poderá contribuir para a promoção da ciência. Por fim, esse tipo de pesquisa também permitiu a associação entre teoria e prática, cujos conhecimentos adquiridos poderão ser repassados à comunidade acadêmica.

Como sugestões para trabalhos futuros, a equipe pretende realizar outros experimentos com materiais acessíveis e que permitam fazer uma associação entre teoria e prática, buscando estabelecer a importância das ciências exatas para o entendimento do cotidiano.

Agradecimentos

A equipe de pesquisa agradece ao CEFET-MG Nepomuceno pela possibilidade de realização dos experimentos e à DPPG pelo apoio no desenvolvimento do projeto.

Referências

- Amaral, P. F. de et al. (2022). *A ciência em uma abordagem interdisciplinar*. CEFET-MG.
- Atkins, P. & Jones, L. (2011). *Princípios de Química: Questionando a Vida Moderna e o Meio Ambiente*. (5a ed.), Bookman.
- BBC. Com (2007). Icebergs podem ajudar a conter o efeito estufa, dizem cientistas. https://www.bbc.com/portuguese/reporterbbc/story/2007/06/070622_icebergoceano.
- BBC News (2022). Derretimento do maior iceberg do mundo liberou quase 50 vezes consumo de água do Brasil por dia. <https://g1.globo.com/google/amp/meio-ambiente/noticia/2022/01/20/derretimento-do-maior-iceberg-do-mundo-liberou-quase-50-vezes-consumo-de-agua-do-brasil-por-dia>.
- Brasil Escola (2024). Iceberg. <https://brasilecola.uol.com.br/geografia/iceberg.htm#:~:text=Com%20o%20aquecimento%20global%2C%20a,o%20nome%20de%20A%2D76>.
- Brown, T. L., Lemay, H. E. & Bursten, B. E. (2005). *Química: A ciência central*. (9a ed.), Pearson Education.
- Capital Financeiro (2024). É assim que o mundo ficará se todo gelo derreter. <https://www.youtube.com/watch?v=jECb3N3clvA>.
- CNN BRASIL (2021). Bióloga: 'desprendimento de iceberg não vai provocar aumento do nível do mar'. <https://www.cnnbrasil.com.br/internacional/biologa-desprendimenbiologo-de-iceberg-nao-vai-provocar-aumento-do-nivel-do-mar>.
- Freud, S. (1933). *New Introductory Lectures on Psychoanalysis*.
- Furtado, C. (2017). Descubra o Iceberg de Freud- Primeira Tópica. <https://melkberg.com/2017/02/19/iceberg-de-freud-primeira-topica/>.
- G1 (2024). 'Geleira do Juízo Final' corre mais risco de derretimento do que a ciência sabia, diz novo estudo. <https://g1.globo.com/ciencia/noticia/2024/05/21/geleira-do-juizo-final-corre-mais-risco-de-derretimento-do-que-a-ciencia-sabia-diz-novo-estudo.ghtml>.
- Gomes, A. V.; Amaral, E. M. DE S.; Prado, R. J. (2019). Determinação da densidade de líquidos imiscíveis pelo princípio de Stevin. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 41 (3), 1-7.
- Iberdrola (2024). Geleiras, as grandes defensoras da estabilidade do clima do planeta. <https://www.iberdrola.com/sustentabilidade/derretimento-de-geleiras-causas-efeitos-solucoes>.
- IBF (2024). Aquecimento global: reflexos do desmatamento. https://www.ibflorestas.org.br/aquecimento-global?utm_source=google-ads&utm_medium=cpc&utm_campaign=nativas-cpa&keyword=efeito%20estufa&creative=367878241909&gad_source=1&gclid=EAIaIqobChMlos7Yp9PchwMVsm7CBB1T6QKREAAyBCAAEgLNt_D_BwE.
- Invivo, museu da vida (2024). Gigantes gelados. <https://www.invivo.fiocruz.br/cienciaetecnologia/gigantes-gelados/#:~:text=Pois%20bem%2C%20isso%20acontece%20porque,do%20mar%20que%20o%20cerca>.
- Isto é dinheiro (2024). Derretimento global do gelo acelerando em taxa recorde. <https://istoedinheiro.com.br/derretimento-global-do-gelo-acelerando-em-taxa-recorde/>.
- Jones, E. (2003). *Vida y Obra de Sigmund Freud*, Anagrama.
- Lisboa, J. C. F. et al. (2016). *Ser protagonista*, 1º ano: ensino médio. (3. ed.), Edições SM.
- Observatório do terceiro setor (2024). Maior iceberg do mundo tem derretimento acelerado pelo aquecimento global. <https://observatorio3setor.org.br/maior-iceberg-do-mundo-tem-derretimento-acelerado-pelo-aquecimento-global/#:~:text=EXPEDITIONS%20FRICHARD%20SIDEY-,A%20eros%20C%20A3o%20e%20as%20mudan%20C%20A7as%20clim%20C%20A1ticas%20est%20C%20A3o%20derretendo%20o%20maior,aquecimento%20global%20dos%20C%20BAltimos%20anos>.
- Pereira, A. S., Shitsuka, D. M., Parreira, F. J. & Shitsuka, R. (2018). Metodologia da pesquisa científica. [e-book]. Ed. UAB/NTE/UFSM. https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/15824/Lic_Computacao_Metodologia-Pesquisa-Cientifica.pdf?sequence=1.
- Portal São Francisco (2024). Iceberg. <https://www.portalsaofrancisco.com.br/curiosidades/iceberg>.
- Revista Digital (2023). Como se formam os icebergs? <https://revistadigital.com.br/como-se-formam-os-icebergs/>.
- Saraiva, A. (2018). Como o iglu pode proteger do frio extremo mesmo sendo feito de gelo? <https://www.gazetadopovo.com.br/haus/tecnologia/como-funciona-iglu-gelo-inverno-frio-extremo>.
- Superinteressante (2013). Tudo sobre iceberg. <https://super.abril.com.br/tudo-sobre/iceberg>.
- USCS (2024). Psicologia Junguiana: como a personalidade sombra afeta a percepção que seus clientes têm sobre si? <https://www.posuscs.com.br/psicologia-junguiana-como-a-personalidade-sombra-afeta-a-percepcao-que-seus-clientes-tem-sobre-si/noticia/2957#:~:text=A%20sombra%20de%20personalidade%2C%20conforme,naquilo%20que%20a%20sociedade%20valoriza>.
- Veja (2024). Derretimento acelera e Antártica perde 219 bi de toneladas de gelo ao ano. <https://veja.abril.com.br/ciencia/derretimento-acelera-e-antartica-perde-219-bi-de-toneladas-de-gelo-ao-ano/mobile>.