

## CAPÍTULO 2

# ANÁLISE CRÍTICA DO CONCEITO DE EVAPORAÇÃO EM LIVROS DE QUÍMICA DO ENSINO MÉDIO

Data de submissão: 12/01/2025

Data de aceite: 05/02/2025

### Andreia Cristine de Sousa Silva

Graduando do Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas do IFMA – Campus Timon, 6º Período

### Jacira Izidorio de Moura

Doutora em Química. Depart. de Ensino, IFMA, Campus Timon, Maranhão, Brasil, Núcleo de Química

### Herbert José Aquino Sousa

Mestre em Física. Depart. de Ensino, IFMA, Campus Timon, Maranhão, Brasil, Núcleo de Física

### Juliana Beatriz Sousa

Doutora em Biotecnologia. Depart. de Ensino, IFMA, Campus Timon, Maranhão, Brasil, Núcleo de Química; Núcleo de Estudos Tecnológicos para o Desenvolvimento do Ensino de Ciências (NETEC).

**Financiamento:** Este trabalho foi financiado pelo CNPq via Edital nº 21 de 2022 e pelo IFMA através do EDITAL PRPGI Nº 26/2023 - PIBIC ES 2023/2024.

**RESUMO:** Esta pesquisa está relacionada ao Ensino de Ciências e teve como

objetivo sugerir melhorias no ensino-aprendizagem de Química no Ensino Médio, especificamente no tema evaporação, por meio de uma análise crítica de livros didáticos (LD's). A pesquisa propõe que os LD's incluam em sua escrita: 1) A teoria cinética dos gases e as curvas de distribuição de velocidades moleculares de Maxwell-Boltzmann, mostrando que moléculas podem evaporar mesmo abaixo do ponto de ebulição; 2) A equação de Dalton, para explicar os fatores que influenciam na velocidade da evaporação; 3) Experimentos e exercícios prático-investigativos que conectem o tema com o cotidiano dos alunos e 4) Noções sobre a importância da evaporação para o meio ambiente e para a sociedade. Informações como estas contribuem para a elaboração de uma representação mais completa para o entendimento da evaporação nos LD's, a fim de tornar sua aprendizagem mais efetiva e significativa.

**PALAVRAS-CHAVE:** Evaporação, Ebulição, Ensino de Química

## 1 | INTRODUÇÃO

Estudos mostram que estudantes de química frequentemente confundem os

conceitos dos temas evaporação e ebulição (Coelho, 2012; Coelho, 2014). Esta confusão surge principalmente quando o professor explica em sala de aula que a água entra em ebulição a 100 °C, enquanto o discente, ao lembrar dos fatos do dia a dia, observa por exemplo que as roupas úmidas no varal secam sem a necessidade de que o ambiente atinja esta temperatura (Silveira, 2016; Da Silva, 2022). Isso acontece porque o tema vaporização da água (e de outras substâncias) tem sido tratado de maneira inadequada em livros de Química do Ensino Médio (EM), pois reduzem a passagem do estado líquido para o estado gasoso exclusivamente ao processo de ebulição através da representação gráfica das curvas de aquecimento da água a 1 atm (Figura 1) que representa a temperatura da água em função da energia a ela fornecida, indicando que a vaporização acontece apenas no trecho DE ou que o vapor acontece somente no trecho DF (Silveira, 2016; Pietrocola, 2011). De modo geral os textos não abordam a evaporação em detalhes, havendo a necessidade de citar sua caracterização macroscópica, bem como uma menção evidente de que ela está sendo desprezada na representação comumente usada das curvas de aquecimento da água (Silveira, 2016).

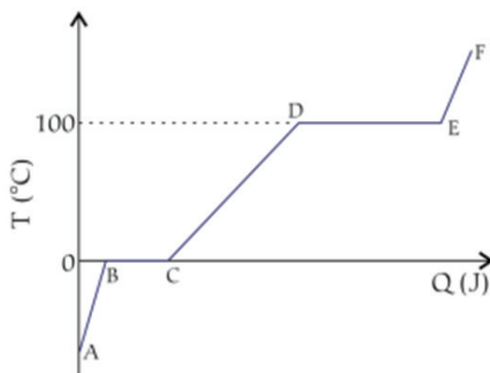


Figura 1: Curva de aquecimento da água

Fonte: Silveira, 2016

Evaporação e ebulição são processos distintos, embora ambos envolvam a passagem do estado líquido para o gasoso. A ebulição ocorre quando uma substância atinge sua temperatura de mudança de estado, como a água a 100°C a 1 atm, caracterizada pelo surgimento de bolhas onde a maioria das moléculas possui energia suficiente para mudar de estado, e a condição para que a ebulição ocorra é que a pressão de vapor saturado seja no mínimo igual à pressão externa na superfície livre do líquido (Guimarães e Boa, 1997; Bezerra, 2014; Martins, 2018). Enquanto, a evaporação ocorre em temperaturas inferiores a 100 °C, na superfície do líquido exposta ao ambiente. Um exemplo comum é a água de um lago, que evapora continuamente à temperatura ambiente. Diferente da ebulição, a evaporação acontece de forma mais lenta, onde somente as moléculas mais energéticas

do líquido têm energia suficiente para mudar de estado, não forma bolhas e depende de fatores externos, como a umidade relativa do ar e a área de superfície exposta ao ambiente e ocorre mais rapidamente conforme a temperatura aumenta ou quando há correntes de ar sobre a superfície líquida (Bezerra, 2014; Santos et al., 2023).

Essas diferenças tornam a evaporação um conceito mais complexo e abstrato, demandando uma compreensão de temas complementares como as interações entre partículas e a teoria cinética dos gases levando em consideração a relação entre temperatura e energia cinética das moléculas de forma interdisciplinar com o estudo da física (Sediyama, 1996). Desse modo, um ensino adequado e completo sobre evaporação e ebulição pode fornecer aos alunos uma visão crítica e consciente do processo científico e sua relevância na tomada de decisões que beneficiem a sociedade (Taber, 2001; Brasil, 2006). Nesse contexto, o LD é uma ferramenta essencial, com conteúdos organizados de forma sequencial, que podem auxiliar no processo de ensino-aprendizagem (Brasil, 2006; Spiassi, 2008; Da Silva, 2022).

Portanto, o presente trabalho buscou melhorar o ensino de Química no EM por meio de uma avaliação crítica das abordagens dos temas evaporação e ebulição aplicadas nos livros didáticos com enfoque na explicação fundamentada nos processos de mudança de fase com o intuito de verificar a qualidade prestada por estes materiais, aprofundando a compreensão do conceito de evaporação à partir da teoria cinética dos gases e seus aperfeiçoamentos com a distribuição de Maxwell Boltzmann em complementação ao entendimento sobre a equação de Dalton para explicar esse processo envolvendo os fatores que influenciam na evaporação e propor soluções para facilitar o ensino-aprendizagem desses conceitos, analisando os impactos ou aplicações desses conhecimentos essenciais para a sociedade.

## 2 | METODOLOGIA

A presente pesquisa é de natureza qualitativa e analisou as abordagens de LD's de química adotados pelo Instituto Federal de Educação (IFMA) no Campus Timon, Maranhão, à respeito do tema evaporação adotados desde 2011, incluindo as cinco edições do Programa Nacional do Livro Didático, à partir do PNLEM/2008 até o PNLD/2021, seguindo as etapas:

**1ª etapa:** Escolheram-se os livros de Química do EM que abordem o tema evaporação e organizaram-se as informações (nome do livro, autores, ano de edição, volume e identificação) dos livros selecionados em uma tabela.

**2ª etapa:** Análise dos LD's através dos critérios listados: 1) A discussão do tema parte de uma questão norteadora contextualizando com a realidade do aluno? 2) O livro explica com clareza o conteúdo? 3) Qual a estrutura utilizada para a explicação do tema? 4) Na explicação do conteúdo evaporação há no livro interdisciplinaridade entre as ciências da natureza (química, física ou biologia) ou qualquer outro

itinerário formativo? 5) O livro discute os impactos ou aplicações dos conhecimentos sobre o tema evaporação para a sociedade? 6) Os recursos visuais são de fácil ou difícil compreensão? 7) Os exercícios trabalham a criticidade, através de trabalhos prático-investigativos, habilidades argumentativas ou desafios reais, evitando a memorização de conceitos e incentivando a curiosidade sobre o tema?

**3ª etapa:** Analisaram-se livros do EM de Química, comparando-os com as abordagens de livros de Física do EM e um livro de Química do ensino superior (ES) com o intuito de avaliar as explicações baseadas no aprofundamento do conceito de evaporação e os fatores que a influenciam, analisando os impactos ou aplicações dos conhecimentos sobre o tema evaporação para a sociedade, a fim de propor alternativas que possam auxiliar no processo de ensino-aprendizagem.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com intuito de superar possíveis dificuldades apresentadas pelos estudantes do EM quanto ao entendimento dos temas evaporação e ebulição, realizamos uma análise crítica de LD's de química e física à respeito destes temas como descrito a seguir:

#### 3.1 Escolha dos livros didáticos de química para análise crítica.

Para a escolha dos livros a serem analisados nesta pesquisa (Tabela 1), realizamos a Leitura de cinco livros de Química do EM adotados pelo IFMA-Timon, utilizando os livros disponíveis na biblioteca ou através do acervo online disponível gratuitamente em: <https://sites.google.com/prod/view/proflucasrodrigo/livros-de-qu%C3%ADmica-para-download/ensino-m%C3%A9dio> e também através do link: <https://pnld.moderna.com.br/ensino-medio/obras-didaticas/area-de-conhecimento/ciencias-da-natureza/lopes-rosso>. Utilizou-se na busca a palavra chave “evaporação”.

Programa	PNLEM 2008	PNLD 2012	PNLD 2015	PNLD 2018	PNLD 2021
Título do livro	Química	Química na abordagem do cotidiano	Ser protagonista-Química	Química-	Ciências da Natureza e suas Tecnologias
Autor e ano	Feltre, R. (2004)	Canto, E. L. do e Peruzzo, F. M. (2010)	Lisboa, C. F. et al. (2016)	Fonseca, M. R. (2016)	Lopes, S. e Rosso, S. et al. (2020)
Editora	Editora Moderna	Editora Moderna	Editora SM	Editora Ática	Editora Moderna
Edição e Volume	6ª Edição Volume 1	4ª Edição Volume 1	3ª edição Volume 1	2º edição Volume 1	1º edição Volume 3

Tabela 1 - Livros didáticos de química do EM selecionados para análise.

Em seguida, livros de física do EM e um livro de química do ES foram utilizados para comparação e verificação de interdisciplinaridades à respeito do tema evaporação (tabela 2):

Título	Autor /Ano	Edição e Volume	Editora	Acesso
FÍSICA - Termologia.	Robortella; Avelino e Edson. (1982)	1ª Edição	Ática	<a href="https://pt.scribd.com/document/761492917/Robortella-Vol-05-Termologia">https://pt.scribd.com/document/761492917/Robortella-Vol-05-Termologia</a>
FÍSICA - Os Fundamentos da Física	Ramalho, F. J. et al. (2009)	10ª Edição Volume 2	Moderna	<a href="https://idoc.pub/download/fisica-ramalho-nicolau-toledo-vol-1-10-ed-2009-1430ooj2y94j">https://idoc.pub/download/fisica-ramalho-nicolau-toledo-vol-1-10-ed-2009-1430ooj2y94j</a>
Química Geral	Russel, J. B (2000)	2ª Edição Volume 1	Pearson	<a href="https://www.academia.edu/11486514/Quimica_Geral_Russel_Vol_1">https://www.academia.edu/11486514/Quimica_Geral_Russel_Vol_1</a>

Tabela 2 - Livros didáticos de física do EM e de química do ensino superior selecionados para comparação.

A análise foi dividida de acordo com o nível de ensino. Inicialmente tratou-se da análise dos livros de Química do EM.

### 3.1.1 Abordagem do tema evaporação nos livros didáticos de Química

De modo geral observou-se que a maioria dos autores (Feltre, 2004; Canto e Peruzzo, 2010; Lisboa, 2016; Antunes, 2016; Marques, 2016) não apresenta os temas evaporação e ebulição a partir de questões norteadoras ou contextualizações relevantes para os alunos. Os conceitos são introduzidos por meio de “mudanças de estado físico da matéria”, utilizando gráficos clássicos que não esclarecem adequadamente a diferença entre evaporação e ebulição. Além disso, não há inter-relação com outras disciplinas. Também não discutem aspectos da evaporação utilizando o conceito da teoria cinética dos gases e não mencionam os fatores que influenciam na taxa de evaporação deixando o aluno sem uma compreensão clara do conteúdo. Apenas Lisboa (2016) menciona “forças intermoleculares”, facilitando a compreensão das diferenças entre entalpias de vaporização e pontos de ebulição. Não foram encontrados experimentos ou práticas-investigativas que estimulem a curiosidade dos alunos sobre o tema. As representações do ciclo hidrológico não detalham a evaporação, abordando sua importância somente em exercícios (Feltre, 2004; Canto e Peruzzo, 2010; Antunes, 2016; Marques, 2016).

Os autores Lopes e Rosso (2020) destacam a importância da evaporação no volume 3 do livro “Água, Agricultura e Uso da Terra”. Logo no início, na sessão “orientação específica por unidade”, eles apontam a evaporação como um conceito que merece atenção e mencionam os fatores que influenciam a velocidade da evaporação, relacionando-os a exemplos do dia a dia dos alunos para estimular sua curiosidade. No entanto, estes autores

não fornecem referências a sites ou recursos adicionais para aprofundar o tema. Na página 21, a questão 8 apresenta um gráfico de aquecimento da água, mostrando o processo de ebulição a 100 °C, mas descreve o gráfico como “curva de evaporação”, o que pode gerar confusão sobre o conceito de evaporação (Lopes e Rosso, 2000).

### 3.1.2 Análise comparativa com LD's de Física do EM e Química do ES

A análise dos livros de Química do EM revela que, apesar da importância do tema, esses materiais não abordam o conceito de evaporação em relação à teoria cinética dos gases, associando-o à Lei de Distribuição das Velocidades Moleculares de Maxwell-Boltzmann, conforme descrito em Russel (2000), obra amplamente referenciada em programas de disciplinas de Química em universidades brasileiras. O autor utiliza o gráfico de Maxwell-Boltzmann (Figura 2) para explicar a evaporação na temperatura de ebulição e em temperatura inferior, permitindo que o estudante compreenda que a evaporação ocorre mesmo à temperatura ambiente (TE), considerando ( $E_{min}$ ) como a energia mínima necessária para que as moléculas transitem para a fase gasosa (Guimarães e Boa, 1997; Bezerra, 2014; Russel, 2000).

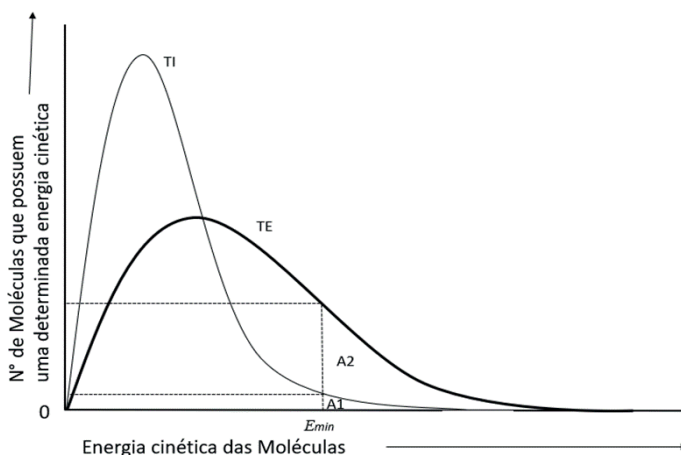


Figura 2 – Distribuição de energia pelas moléculas de um líquido para duas temperaturas diferentes.

Fonte: Adaptado de Russel, 2000.

O significado físico apresentado na figura 2 é extremamente relevante, pois ilustra como o aumento da temperatura de TI (baixa energia cinética) para TE (alta energia cinética) aumenta a probabilidade das partículas terem velocidades maiores. Isso é observado pela alteração na distribuição de velocidades, com o pico diminuindo e se deslocando para a direita. A área sob a curva ( $A1 + A2$ ) representa o número de moléculas com energia suficiente para passar para a fase gasosa. À medida que a temperatura aumenta, a área

A1, que corresponde a uma temperatura inferior, expande-se para a área A2, associada à temperatura de ebulição, indicando que o número de moléculas com energia suficiente para a mudança de fase, ou seja, capazes de evaporar, também aumenta. Mesmo em temperaturas baixas, há moléculas com energia suficiente para superar as forças intermoleculares e evaporar (Guimarães e Boa, 1997; Bezerra, 2014; Russel, 2000). Martha Reis (2016), por exemplo, em seu volume 2, capítulo 7, apresenta um gráfico de distribuição de velocidades na página 163 para discutir o tema cinética. Propomos que este gráfico, que é semelhante ao apresentado na figura 2, seja utilizado no volume 1 de livros de EM para esclarecer os conceitos de ebulição e evaporação (Martha Reis, 2016).

Foi realizada uma comparação entre os livros de Química selecionados nesta pesquisa e os livros de Física do EM dos autores Robortella; Avelino e Edson (1982) e Ramalho Júnior et al. (2009). Observou-se que Robortella, Avelino e Edson (1982) apresentam o gráfico de Maxwell-Boltzmann, mas apenas para uma temperatura, o que dificulta a diferenciação entre ebulição e evaporação. Por outro lado, Ramalho não inclui esse gráfico, que é fundamental para entender a energia cinética das moléculas. Ambos os autores mencionam a equação de Dalton, que quantifica a evaporação com base na diferença de pressão de vapor, que é influenciada pela temperatura e, portanto, pela distribuição de Maxwell-Boltzmann.

Os autores Costa, 2003 e Ramalho Júnior et al. (2009), descrevem uma fórmula empírica (equação 1), segundo Dalton, para traduzir as influências do ambiente externo que atuam sobre a velocidade ou intensidade da evaporação ( $V$ ) (Costa, 2003; Ramalho, 2009; Santos, et al. 2023).

$$V = \frac{K \cdot A \cdot [P-p]}{P_{ext}} \quad (1)$$

Na equação 1, temos os seguintes componentes:

**K:** Representa uma constante característica do líquido. Para líquidos voláteis, o valor é alto, enquanto para líquidos fixos, é baixo.

**A:** Área da superfície livre do líquido, a superfície que está em contato com o ambiente;

**P<sub>ext</sub>:** Pressão externa que está sendo aplicada sobre a superfície do líquido;

**P:** Pressão máxima de vapor do líquido, que depende da temperatura do líquido;

**p:** Pressão parcial de vapor na atmosfera, caracteriza o grau de umidade do ambiente.

Além disso, o processo de evaporação está intimamente ligado à quantidade de vapor na atmosfera (umidade relativa do ar), esta observação pode ser melhor explicada a partir do entendimento das equações 2, 3 e 4 a seguir.

A intensidade da evaporação ( $E$ ), segundo a lei de Dalton (1928), é uma função direta da diferença entre a pressão de saturação do vapor d'água no ar atmosférico ( $e_s$ ),

uma propriedade física da água que aumenta com o aumento da temperatura, e a pressão atual do vapor d'água na camada de ar adjacente ( $e_a$ ), normalmente tomada a 2m acima da superfície do líquido. Esta lei pode ser expressa na forma

$$E = C (e_s - e_a) \quad (2)$$

onde, ( $C$ ) é um coeficiente empírico, que depende principalmente da velocidade do vento e da pressão atmosférica locais.

A pressão de saturação ( $e_s$ ) depende da temperatura da superfície do líquido, que, por sua vez, está ligada à energia cinética das moléculas. É a distribuição de Maxwell-Boltzmann que descreve a energia cinética das moléculas, portanto ela influencia diretamente a pressão de saturação, portanto, enquanto a equação de Dalton mostra que a evaporação ocorre devido à diferença entre ( $e_s$ ) e ( $e_a$ ), a distribuição de Maxwell-Boltzmann ajuda a entender como a temperatura afeta essa diferença de pressão.

Quando a pressão parcial de vapor ( $e_a$ ) é menor que a pressão de saturação ( $e_s$ ) diz-se que existe um déficit de saturação de vapor que é representado pela diferença ( $e_s - e_a$ ), essa diferença de pressão é a quantidade de vapor necessária para saturar certa quantidade de volume de ar, tal valor indica a capacidade evaporativa do ar (Allen et al., 1998). Sendo mantida a temperatura do ar, a evaporação é diretamente proporcional a este déficit de saturação (Naghetini, 2012). Por outro lado, aumentando-se a temperatura, aumenta-se a capacidade de retenção de água pelo ar devido ao aumento do nível energético das moléculas. O ar funciona, então, como um reservatório que se expande ou contrai com o aumento ou decréscimo, respectivamente da temperatura (Evangelista, 1999).

A umidade relativa do ar também é determinada pela relação entre a pressão parcial de vapor ( $e_a$ ) e a pressão de saturação de vapor ( $e_s$ ), segundo a equação 3. E representa a relação percentual entre a quantidade de umidade em um dado espaço e a quantidade que esse espaço poderia conter se estivesse saturado.

$$UR = (e_a / e_s) \times 100\% \quad (3)$$

Assim, isolando “ $e_a$ ” na equação 3 e substituindo o valor correspondente na equação 2, obtemos a equação 4 que representa a expressão da intensidade da evaporação, ou seja, a velocidade com que se processa a perda por evaporação, geralmente expressa em mm/dia ou mm/mês, em termos de “ $e_s$ ” e da umidade relativa do ar ( $UR$ ):

$$E = C \cdot e_s \cdot \left(1 - \frac{UR}{100\%}\right) \quad (4)$$

Em resumo, a umidade relativa é um fator crítico que determina a taxa de evaporação,



conforme descrito pela equação de Dalton, assim quanto maior a umidade relativa (ou seja, quanto menor a diferença entre ea e es, menor será intensidade da evaporação. E no limite para o ar saturado, a evaporação é nula. Isso ocorre porque, em condições de baixa umidade, as moléculas de água têm mais facilidade para escapar da fase líquida e se transformar em vapor. Portanto, a relação entre (ea) e (es) e a umidade relativa é fundamental para entender o comportamento da evaporação em diferentes ambientes.

A evaporação também é altamente dependente da velocidade do vento que transfere grandes quantidades de massas de ar da superfície de evaporação. Com a evaporação da água, o ar sobre a superfície evaporante fica saturado, assim, se este ar não for substituído gradualmente por um ar mais seco, a remoção de vapor diminui, ocasionando a diminuição da taxa de evaporação (Lima Junior, 2022; Naguettini, 2012).

Desse modo, para que o aluno tenha entendimento adequado do porque um líquido evapora é necessário analisar várias características da evaporação, avançando na relação entre temperatura e energia cinética das moléculas de forma interdisciplinar com o estudo da Física, fazendo-se associação das curvas de distribuição das velocidades moleculares de Maxwell-Boltzman com a equação de Dalton e os fatores que influenciam na velocidade de evaporação de um líquido, como a pressão parcial de vapor e a pressão de saturação de vapor, a umidade relativa, a temperatura, as correntes de vento, dentre outros fatores como natureza do líquido, área da superfície livre do líquido (Ramalho, 2009). Informações como estas em livros do EM contribuem para a elaboração de uma representação mais completa para o entendimento da evaporação.

Além disso, propomos que os livros apresentem várias situações do dia a dia do aluno que podem ser explicadas com base no conceito de evaporação de modo a contribuir para a discussão do tema evaporação em sala de aula, sendo usadas como questões norteadoras, como descrito a seguir: 1) Por que um banhista sente mais frio ao sair da água, enquanto seu corpo está molhado? 2) Por que a água se conserva fresca em potes de barro? (Ramalho Junior, 2009); 3) Porque sentimos mais “calor” em ambiente úmido? 4) Por que ao fazer um exercício físico intenso sob alta temperatura, uma pessoa pode eliminar mais suor por hora?

O estudo da evaporação também é um tema de especial interesse para a Sociedade, pois oferece informações a respeito de várias questões ambientais, dentre elas:

1) A evaporação desempenha um papel crucial no ciclo hidrológico ao redistribuir água e energia entre a superfície terrestre e a atmosfera, equilibrando as taxas de precipitação e reservas de água. Este fenômeno, que não pode ser controlado pelo ser humano, é relevante para diversas áreas, como o planejamento de atividades, estudo do rendimento de reservatórios para abastecimento e irrigação (Bezerra, 2014), e para a mediação de perdas de água nos solos, especialmente na agricultura. Compreender a evaporação é essencial para melhorar a eficiência do uso da água em sistemas agrícolas e na criação de animais (Almeida, 2011).

2) O entendimento sobre o conceito de Evapotranspiração, um conceito que compreende dois processos, a evaporação da água para a atmosfera em forma de vapor proveniente diretamente das superfícies líquidas ou do solo e a transpiração, a evaporação da água absorvida pelas plantas e animais e por eles eliminadas nos diferentes processos biológicos. A evapotranspiração é importante para a engenharia civil no tratamento de água residuária em sistemas alagados, adequados de maneira econômica para fazer o tratamento de despejos domésticos e industriais, além de seu reuso, desde que atendam os critérios de segurança de saúde pública (Fraga, 2016; Leitão, 2007; Vieira, 2009).

3) No campo da medicina do esporte, o entendimento sobre a evaporação do suor pelas glândulas sudoríparas écrinas é importante para a regulação da temperatura corporal. O suor ajuda a dissipar o calor, mas pode levar à desidratação se houver perda excessiva de fluidos. Além disso, o tipo de roupa influencia a eficiência da evaporação do suor; roupas que permitem maior evaporação ajudam a manter o equilíbrio térmico e a eficiência do resfriamento da pele (Melo-Martins, 2017; Gavin, 2003).

Portanto, como observado, um melhor enfoque no ensino do tema evaporação é necessário, pois proporciona aos alunos uma abordagem mais crítica e consciente do fazer científico e sua importância na tomada de decisão que visem beneficiar a toda a sociedade.

## 4 | CONCLUSÃO

A avaliação dos livros de química do ensino médio revelou que apenas Lopes e Rosso (2020) destacam a importância da evaporação, abordando o tema através do conceito de energia cinética das moléculas. Outros livros analisados não tratam o tema teoricamente ou visualmente, deixando o aluno sem uma compreensão clara. Lisboa (2016) menciona “forças intermoleculares”, facilitando a compreensão das diferenças entre entalpias de vaporização e pontos de ebulição. Em geral, os livros não discutem os impactos ou aplicações da evaporação para a sociedade e falham em promover criticidade, habilidades argumentativas ou desafios reais. A falta de interdisciplinaridade também foi notada. Propõe-se que os livros sejam reestruturados para incluir informações referentes ao conceito de evaporação que abordem os fatores que influenciam neste processo e inclusão da equação de Dalton, para traduzir as influências do ambiente externo que atuam sobre a velocidade ou intensidade da evaporação e do gráfico de Maxwell-Boltzmann para que fique clara a diferenciação entre os conceitos de evaporação e ebulição, além de experimentos prático-investigativos para desenvolver habilidades argumentativas e incentivar a curiosidade dos alunos. E informações a respeito da importância do estudo da evaporação para o meio ambiente e para a sociedade que podem ser abordadas a fim de tornar o ensino mais atrativo e significativo.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço ao CNPq pela bolsa concedida e ao IFMA Timon pelo suporte e acesso aos livros.

## REFERÊNCIAS

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. Crop evapotranspiration-Guidelines for computing crop water requirements-FAO Irrigation and drainage paper 56. FAO, Rome, v. 300, n. 9, p. D05109, 1998.

ALMEIDA, R. E. Evaporação e temperatura em solos mantidos com diferentes quantidades de resíduos em superfície. UFSM, Tese de Doutorado, 2011.

BEZERRA, M. E. B.. Um estudo sobre o ensino de evaporação no contexto ciência, tecnologia e sociedade. 2014. 100f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências Naturais e Matemática) - Centro de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2014.

BRASIL. Ministério da Educação e do Desporto. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. PCN+ Ensino Médio: Orientações Educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias. Brasília: MEC: SEMTEC, 2006.

CANTO, E. L. do; PERUZZO, F. M. Química na abordagem do cotidiano. 4ª ed. São Paulo: Editora Moderna, 2010. Volume 1.

COELHO, T. S. F. et al. Explicando Fenômenos a Partir de Aulas com a Temática Água: A Evolução Conceitual dos Estudantes. Química Nova na Escola, v. 36, n. 1, p. 71-78, 2014.

COELHO, T. S. F. et al.. Ensino por temas: analisando a aprendizagem dos estudantes a partir de aulas com a temática água. In: XVI ENEQ/X EDUQUI, 2012, Salvador. Anais do XVI Encontro Nacional de Ensino de Química e X Encontro de Educação Química da Bahia, 2012.

COSTA, E. V. Medidas da umidade relativa do ar em um ambiente fechado. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 25, p. 346-348, 2003.

DA SILVA, C. E. A.; SILVA, M. F. C. Análise do conteúdo de biotecnologia em livros didáticos de ciências da natureza do novo ensino médio. Revista Multidisciplinar em Educação e Meio Ambiente, v. 4, n. 1, 2022.

DE MELO-MARINS, D. et al. Termorregulação e equilíbrio hídrico no exercício físico: aspectos atuais e recomendações. R. bras. Ci. e Mov, 2017; 25(3):170-181.

EVANGELISTA, A. W. P. Avaliação de métodos de determinação da evapotranspiração, no interior de casa de vegetação, em Lavras-MG. Dissertação (Mestrado). Lavras: UFLA, 1999. 79 p.

FELTRE, R. Química. vol. 1. 6ª ed. São Paulo: Editora Moderna, 2004.

FONSECA, M. R. Química. vol. 1. 2ª ed. São Paulo: Editora Ática, 2016.

- FRAGA, Yuri Sotero Bomfim et al. A Influência da Evapotranspiração na Engenharia Civil. Caderno de Graduação-Ciências Exatas e Tecnológicas-UNIT-SERGIPE, v. 3, n. 3, p. 25-25, 2016.
- GAVIN, T.. Clothing and Thermoregulation During Exercise. Sports Medicine, v. 33, n. 13, p. 941-947, 2003.
- GUIMARÃES, L. A. M.; BOA, M. C. Física para o 2º Grau: Termologia e Óptica. São Paulo: Harbra, 1997.
- LEITÃO, Mário de MVBR; OLIVEIRA, Gertrudes M. de; LEITÃO, Ted JV. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativa da evaporação para duas regiões da Paraíba. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 11, p. 585-593, 2007.
- LIMA JUNIOR, J. C. de. Evapotranspiração de referência no semiárido brasileiro, análise de modelos, sensibilidade e tendência dos elementos climáticos. Tese (Doutorado) – Fortaleza, 2022.
- LISBOA, C. F. et al. Ser protagonista - Química. vol. 1. 3ª ed. São Paulo: Editora SM, 2016..
- LOPES, S.; ROSSO, S. et al. Ciências da Natureza e suas Tecnologias. vol. 3. 1ª ed. São Paulo: Editora Moderna, 2020.
- MARTINS, W. de O. Cana-de-Açúcar no Estado da Paraíba: Contextualização, Interdisciplinaridade e Experimentação no Ensino de Química. João Pessoa, 2018.
- NAGHETTINI, M. Introdução à hidrologia aplicada. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Hidráulica e Recursos Hídricos, 2012.
- OLIVEIRA, G. B. de. Análise da regionalização do déficit de pressão de vapor em condições semiáridas. 2016. Disponível em: [https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/36707/1/2016\\_tcc\\_gboliveira.pdf](https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/36707/1/2016_tcc_gboliveira.pdf). Acesso em 28 de fevereiro de 2024.
- ONGARATTO, J. M.; BORTOLIN, T. A. Comparação entre métodos de estimativa de evapotranspiração de referência no município de São José dos Ausentes (RS), Brasil. Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 26, p. 979-987, 2021.
- PIETROCOLA, M.; POGBIN, A.; ANDRADE, R.; ROMERO, T. R. Física em Contextos - Vol. 2. FTD, São Paulo, 2011.
- RAMALHO JUNIOR, F; FERRARO, N. G; SOARES, P. A. de T. Os Fundamentos da Física. 10. ed. São Paulo: Moderna, 2009.
- ROBORTELLA, J. L. de C. Termologia: Teoria e Exercícios. 1ª ed. São Paulo: Editora XYZ, 1982.
- RUSSEL, J. B. Química Geral. vol. 1. 2ª ed. São Paulo: Pearson, 2000.
- SANTOS, B. K. L. et al. Diferença entre métodos de cálculo global e modelagem 3D de evaporação de lagos e reservatórios. XXV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2023.
- SEDIYAMA, G. C. Estimativa da evapotranspiração: histórico, evolução e análise crítica. Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v. 4, n. 1, p. 1-7, 1996.

SILVEIRA, F. L. Um tema negligenciado em textos de física geral: A vaporização da água. *Física na Escola*, v. 14, n. 2, p. 27-30, 2016.

SPIASSI, A.; DA SILVA, E. M. Análise de livros didáticos de ciências: um estudo de caso. *Trama*, v. 4, n. 7, p. 45-54, 2008.

TABER, K. S. Building the structural concepts of chemistry: some considerations from education research. *Chemistry Education: Research and Practice in Europe*, vol. 2, n. 2, pp. 123-158, 2001.

VIEIRA, L. Meteorologia e climatologia agrícola: notas de aula. 2009. Disponível em: <[https://www.professormendoncauenf.com.br/wpcontent/uploads/2021/03/ag\\_meteorologia\\_livro.pdf](https://www.professormendoncauenf.com.br/wpcontent/uploads/2021/03/ag_meteorologia_livro.pdf)>. Acesso em 28 de fevereiro de 2024.