

A TEORIA DAS SITUAÇÕES DIDÁTICAS COMO METODOLOGIA DE ENSINO E APRENDIZAGEM DE CONCEPÇÕES CIENTÍFICAS EM CIÊNCIAS E MATEMÁTICA

Kleyfton S. Silva¹

Mayrane C. M. Nascimento²

Alan J. D. Freitas³

Johnnatan D. Freitas⁴

Laerte S. Fonseca⁵

Resumo: Este trabalho teve por objetivo analisar atividades experimentais de um processo envolvendo propriedades da água, a saber: efeito Mpemba (quando a água quente, em determinadas condições, congela mais rapidamente do que a água em temperatura ambiente). O experimento foi destinado às turmas de alunos do ensino médio de escolas da rede pública e particular, onde foram trabalhados conceitos de química, física e matemática, na tentativa de realização de um movimento interdisciplinar. As fases de ação, formulação, validação e institucionalização sugeridas pela Teoria das Situações Didáticas (BROUSSEAU, 2007) foram implementadas para propiciar a construção de conhecimentos científicos pelos alunos. Os resultados confirmaram a ocorrência do fenômeno estudado e, sobretudo, intensificaram a importância das aulas experimentais como ferramenta essencial no ensino de ciências e matemática.

Palavras-chave: Aprendizagem de Ciências e Matemática. Experimentação. Efeito Mpemba.

THE THEORY OF DIDACTIC SITUATIONS AS METHODOLOGY OF TEACHING AND LEARNING OF SCIENTIFIC CONCEPTIONS IN SCIENCE AND MATHEMATICS

Abstract: This work aimed to analyze experimental activities of a process involving water properties, namely: Mpemba effect (when hot water, under certain conditions, freezes faster than water at room temperature). The experiment was aimed at the classes of high school students of public and private schools, where they worked on concepts of chemistry, physics and mathematics, in an attempt to achieve an interdisciplinary movement. The stages of action, formulation, validation and institutionalization suggested by the Theory of Educational Situations (BROUSSEAU, 2007) were implemented to promote the construction of scientific

¹ Mestre em Ensino de Ciências e Matemática pela Universidade Federal de Sergipe. E-mail: kley.soares@hotmail.com

² Mestre em Química e Biotecnologia pela Universidade Federal de Alagoas. E-mail: mayrane.carla@hotmail.com

³ Instituto Federal de Alagoas. E-mail: ajdfifal@gmail.com

⁴ Instituto Federal de Alagoas. E-mail: johnnatandf@gmail.com

⁵ Instituto Federal de Sergipe. E-mail: laerte.fonseca@uol.com.br

knowledge by the students. The results confirmed the occurrence of the studied phenomenon and, above all, intensified the importance of the experimental classes as an essential tool in the teaching of science and mathematics.

Keywords: Science and Mathematics Learning. Experimentation. Mpemba Effect.

INTRODUÇÃO

Todos sabem que a água é uma substância essencial para a vida, e mesmo o planeta se chamando terra, a água ocupa a maior parte da sua superfície. Diante da sua importância, comumente o tema gerador “água” é abordado nos espaços escolares para se discutir as questões de preservação e poluição (QUADROS, 2004). Nesse sentido, considerando a necessidade de contextualização para auxiliar na aprendizagem de conhecimentos científicos, tomamos o tema “água” como base para o ensino e aprendizagem de conceitos científicos voltados para a área de química e matemática, seguindo-se uma lógica experimental construtivista.

Muitos desconhecem as explicações de algumas curiosidades da água, tanto em sua forma líquida quanto sólida. As propriedades estranhas, também chamadas de anomalias da água, incluem uma densidade variável e uma elevada tensão superficial (BARBOSA, 2015). Para entender melhor essas e outras anomalias da água, pesquisadores estudam a água a nível molecular, revelando especificidades relativas aos arranjos tetraédricos de sua estrutura.

Serão apresentados estudos experimentais de um processo envolvendo as propriedades da água, a saber: efeito Mpemba. Portanto, o trabalho visa reunir informações capazes de facilitar o entendimento de acontecimentos que fogem do senso comum e até mesmo de conceitos científicos, como é o caso do efeito Mpemba, além de incentivar alunos do ensino médio à pesquisa, fazendo uso, portanto, de metodologias diferenciadas de ensino.

O estudo (efeito Mpemba) oportuniza o levantamento de questionamentos sobre fenômenos que convencionalmente já são explicados, pois, conforme veremos, o feito em estudo se contrapõe até mesmo a conceitos científicos já consolidados. A experimentação tratada neste trabalho é, também, um pretexto para mostrar aos educadores da área de Ensino de Ciências e Matemática como uma aula experimental pode ser planejada, aplicada e analisada sob os pressupostos teóricos da Teoria das Situações Didáticas.

A EXPERIMENTAÇÃO EM CIÊNCIAS/MATEMÁTICA E A TEORIA DAS SITUAÇÕES DIDÁTICAS

A questão da compreensão de conhecimentos científicos pelos alunos da Educação

Básica continua sendo enfrentada como um desafio a ser superado. Nas ciências e matemática, por exemplo, os conteúdos abstratos e com pouca ou nenhuma aplicação cotidiana acabam se configurando como difíceis de serem ensinados e aprendidos. Para minimizar esse problema, educadores têm recorrido a estratégias pedagógicas que possam ressignificar a participação do aluno em sala de aula (SILVA *et al.*, 2014).

Nesse viés, entram em jogo a valorização do conhecimento prévio, e o incentivo à pesquisa, em que as análises, interpretações e reflexões caracterizam a aprendizagem pautada no aluno. Tais atributos são ressaltados por Madruga e Klug (2015) como conseqüências do estudo por meio da experimentação como investigação científica. Os mesmo autores defendem um modelo de atividade experimental de cunho construtivista, e chamam a atenção para a necessidade de planejamento e conhecimento sobre o real papel da experimentação em ciências e matemática, por exemplo, ajudar alunos a aprender ciências; aprender sobre ciências; e fazer ciência (HODSON, 1996).

De acordo com Rosito (2003, p. 2001), conforme citado por Madruga e Klug (2015, p. 58),

as atividades são organizadas a partir de conhecimentos prévios dos estudantes, sendo os experimentos desenvolvidos na forma de problemas ou testagem de hipóteses. Nessa concepção, o conhecimento é entendido como construído ou reconstruído pela estrutura de conceitos já existentes. Desse modo, a discussão e o diálogo assumem um papel importante e as atividades experimentais combinam, intensamente, ação e reflexão.

Embora os objetivos e naturezas de aprendizagem relativas aos conteúdos dos campos do ensino de ciências e matemática se diversifiquem, é possível encontrar convergências lógico-filosóficas no sentido de traçar objetivos comuns quando da utilização de estratégias experimentais nessas áreas. Dentre os vários tipos de laboratórios de matemática (RODRIGUES; GAZIRE, 2015), por exemplo, há o laboratório tradicional de matemática, em que a construção de conhecimentos se dá pela observação de fenômenos, manipulação de materiais, teste de hipóteses e confirmação de teorias.

Nas ciências essa lógica é bem difundida, mas criticada quando os objetivos de aprendizagem ficam presos ao procedimento mecânico e à reconstituição de fenômenos e teorias sem considerar as possibilidades construtivas que o fazer ciência pode proporcionar ao intelecto do estudante.

Rodrigues e Gazire (2015, p. 124) mencionam o laboratório/Sala Ambiente – Laboratório de Ensino de Matemática: “Nessa ideia de Laboratório de Ensino de Matemática, entendida como um processo, a construção do conhecimento se dá de forma dialética,

havendo sempre a mediação do professor entre o objeto a ser conhecido e o sujeito (aluno)". Dessa maneira, a experimentação em si não garante êxito na aprendizagem de concepções científicas, mas, sobretudo, os aspectos metodológicos adotados.

Nesse sentido, pensando em como uma aula de ciências ou matemática pode contribuir para a formação do espírito científico do aluno da Educação Básica, buscou-se respaldo nas fases instituídas pela Teoria das Situações Didáticas para planejar, aplicar e avaliar uma sequência didática baseada na experimentação investigativa.

A Teoria das Situações Didáticas foi desenvolvida pelo matemático francês Guy Brousseau no âmbito dos estudos da Didática da Matemática. Brousseau (2007, p. 16) enfatiza que, "com frequência, o ensino é concebido como as relações entre o sistema educacional e o aluno, vinculadas à transmissão de um determinado conhecimento. Dessa forma, interpreta-se a relação didática como uma comunicação de informações". Nesse sentido, o conhecimento escolar é transposto didaticamente pelo sistema educacional, que deve comunicar ao aluno, objetivando a aprendizagem.

Segundo Brousseau (2007, 21), "a situação didática é todo o contexto que cerca o aluno, nele incluídos o professor e o sistema educacional". Gerenciar os dispositivos (peças de um jogo, um problema, um experimento, um exercício) como parte da situação didática visando à aprendizagem do aluno é o principal desafio do pesquisador/professor que pretende estudar os fenômenos de aprendizagem oriundos das ações em sala de aula.

O autor sugere quatro situações ou fases essenciais para a observância da construção de conhecimentos por meio da interação do sujeito com o meio. A situação de ação é o momento de interação do aluno com os dispositivos de aprendizagem em que ele antecipa suas concepções em prol da resolução de um problema levantado. Segundo Brousseau (2007, p. 28), "se o meio reage com certa regularidade, o sujeito pode relacionar algumas informações às suas decisões (*feedback*), antecipar suas respostas e considerá-las em suas futuras decisões". Nessa primeira etapa, as antecipações são colocadas num patamar de controle de onde surgirão confrontos entre os "novos e velhos" conhecimentos.

A segunda situação consiste na formulação, caracterizada como um processo em que os conhecimentos são produzidos após a interação do sujeito com o meio, extraindo-se dessa interação, por exemplo, um sistema linguístico próprio. Nesse sentido, a formulação de conhecimentos implica na capacidade do sujeito reconhecê-los, identificá-los, decompô-los e reconstruí-los em um sistema linguístico próprio (BROUSSEAU, 2007).

A terceira fase é intitulada situação de validação, em que os conhecimentos formulados são postos à prova, pois os sujeitos comunicam suas ideias entre si na busca pelo

consenso, eles

colaboram na busca da verdade, ou seja, no esforço de vincular de forma segura um conhecimento a um campo de saberes já consolidados, mas entram em confronto quando há dúvidas. Juntos encarregam-se das relações formuladas entre um meio e um conhecimento relativo a ele. (BROUSSEAU, 2007)

Portanto, a situação de validação é o momento em que é possível verificar a aprendizagem efetiva dos alunos; entender as possíveis transições de concepções para, então, prosseguir com a fase de institucionalização. Nessa fase, o professor retoma o seu papel ativo do processo de ensino e aprendizagem, no sentido de agir com mais precisão sobre os conhecimentos construídos pelos alunos durante as situações anteriores.

Como exemplo, este trabalho retrata uma experiência com alunos da Educação Básica, utilizando-se da atividade experimental aliada ao processo de produção de conhecimentos descrito pela Teoria das Situações Didáticas. Neste experimento foram abordados conceitos de química, física e matemática.

O EFEITO MPEMBA

O efeito Mpemba ou paradoxo de Mpemba é o fenômeno físico que consiste no fato de, sob certas condições, a água quente congelar mais rapidamente do que a água fria. A descoberta deste efeito foi feita por um estudante do ensino secundário chamado Erasto Bartholomeo Mpemba, na Tanzânia (África), em 1969, quando fabricava sorvetes para um trabalho da escola (JENG, 2006).

O efeito Mpemba é observado quando dois volumes de água, em recipientes idênticos, mas com temperaturas distintas, são submetidos ao congelador ao mesmo tempo e o volume de água inicialmente quente (por exemplo, 90 °C) congela primeiro. Embora de acordo com a termodinâmica a água quente deva ter seu processo de solidificação retardado, há muitas evidências experimentais desse efeito (LU; RAZ, 2017), que foi observado há muito tempo por Erasmo Mpemba (1969), mas que também já se tinha ouvido falar sobre o fenômeno na antiguidade, por Aristóteles, e idade moderna, por René Descartes e Francis Bacon.

No dia 10 de janeiro de 2013, Nikola Bregovic, assistente de pesquisa na área de Físico-Química do Departamento de Química da Universidade de Zagreb, na Croácia, recebeu a premiação de um mil euros por apresentar a explicação mais criativa para o efeito Mpemba. Ele frisou que o processo de convecção influencia significativamente para o acontecimento do efeito (ROYAL SOCIETY OF CHEMISTRY, 2012).

Portanto, o objetivo deste estudo é apresentar algumas explicações para o efeito,

pautadas nas observações dos resultados experimentais, e incentivar a pesquisa para alunos da Educação Básica.

APLICAÇÃO DO EXPERIMENTO PARA ALUNOS DO ENSINO BÁSICO

Material e Métodos

O estudo foi realizado com 30 alunos do ensino médio, sendo 20 de escola pública e 10 de escola privada, do município de Maceió, no estado de Alagoas. Por questão de viabilidade, os alunos fizeram os experimentos individualmente em suas residências e tiveram um prazo de 15 dias para apresentarem os resultados.

1ª FASE – Situação de ação

Uma aula de 50 min. foi destinada à apresentação do problema (efeito Mpemba) aos alunos. Para isso, utilizou-se o projetor de mídia para mostrar vídeos e fotos de curiosidades sobre a água. No primeiro momento, perguntou-se aos alunos sobre a importância da água em nossas vidas. Prosseguiu-se perguntando se os alunos conheciam alguma característica “estranha” da água. O professor não deu respostas ou interferiu nas respostas que os alunos iam revelando. Mostrou-se um vídeo⁶ do efeito Mpemba e, em seguida, perguntou-se sobre possíveis razões pelas quais o fenômeno era observado. Perguntou-se também sobre como os alunos poderiam reproduzir o experimento em suas residências; sobre como poderiam garantir que os volumes de água seriam iguais para os dois recipientes; sobre como ter uma ideia dos volumes dos recipientes.

2ª FASE – Situação de formulação

Ainda na primeira aula, revelou-se as instruções do procedimento experimental que os alunos deveriam seguir em suas residências. A formulação dos conhecimentos foi planejada para acontecer, principalmente, através de: pesquisa independente, onde os próprios alunos, após a experimentação, procuram as respostas; interação em rede social, com a exposição das imagens produzidas e dos resultados da experimentação.

As instruções que os alunos receberam para a realização dos testes foram postadas como segue:

1. Colocar água quente em um recipiente e água em temperatura ambiente em outro idêntico - de preferência transparente;
2. Anotar o volume dos recipientes;

⁶ Porque a água fervida congela mais rápido? Vídeo. Disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=EAZoYBnqGtoj>. Acesso em 12 de março de 2018.

3. Levar os dois recipientes ao mesmo tempo para o congelador;
4. Verificar em intervalos de 1 hora qual recipiente contém água mais congelada;
5. Apresentar explicações próprias sobre o que ocorreu e outras explicações pesquisadas na internet;
6. Postar o resultado no grupo criado, dizendo como foi feito o experimento, quais explicações encontrou, a foto inicial dos recipientes, a foto final dos recipientes.

3ª FASE – Situação de validação

Para proporcionar interação e discussão dos experimentos, os procedimentos e resultados foram postados na rede social Facebook®, em grupo intitulado “Curiosidades Experimentais: Pesquisa e Integração (CEPI) – Figura 1”.

Figura 1 – Grupo do facebook destinado à publicação e discussão dos resultados



Fonte: A pesquisa.

Além disso, outra aula de 50 min. foi conduzida para discutir os resultados e validar os conhecimentos dos alunos. As seguintes perguntas foram direcionadas aos estudantes:

1. Na sua concepção, que amostra de água deve congelar primeiro? Por quê?
2. Quais transformações físicas ocorrem na água que está dentro do congelador?
3. O processo que ocorre é endotérmico ou exotérmico? Por quê?
4. Que amostra de água congelou mais rápido? O que explicaria esse efeito?
5. A água que você utilizou continha impurezas?
6. A citação abaixo refere-se à possíveis explicações para o Efeito Mpemba:
 “As explicações que envolvem questões como a evaporação da água quente, a presença de menos gases dissolvidos na água quente, a formação da corrente de convecção e os fatores que alteram o ambiente onde o congelamento está ocorrendo, são as mais aceitáveis para o experimento”. Explique da sua forma o que você entendeu.

4ª FASE – Institucionalização

O professor foi responsável pela coleta dos dados dos alunos e mediação de uma aula de 50 min. para abordar os conceitos discutidos pelos estudantes e outros não levantados, mas que fizeram parte dos objetivos de aprendizagem.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a literatura, experiências mostram que a água quente (por exemplo, 90 °C) muitas vezes (mas nem sempre) congela mais rapidamente do que a mesma quantidade de água fria (por exemplo, 18 °C) sob condições idênticas (CHAPLIN, 2013). Mesmo sabendo que o efeito nem sempre ocorre, ainda não se sabe os motivos para explicar a não ocorrência em alguns casos, porém alguns estudos apontam que as impurezas da água podem influenciar na ocorrência ou não do efeito Mpemba.

Vinte e dois alunos conseguiram observar o efeito e concluíram que a evaporação da água quente e conseqüentemente perda de massa, explica o fenômeno observado (Tabela 1). Os demais reportaram não ter observado o efeito.

Tabela 1 – Condições dos testes realizados pelos 30 alunos

Quantidade de alunos que realizaram o experimento	Volume de água aproximado	Quantidade de alunos que observaram o efeito	Explicação dada pelos alunos
10	100 mL	6	Evaporação da água quente
10	200 mL	9	
10	300 mL	7	

Fonte – A pesquisa.

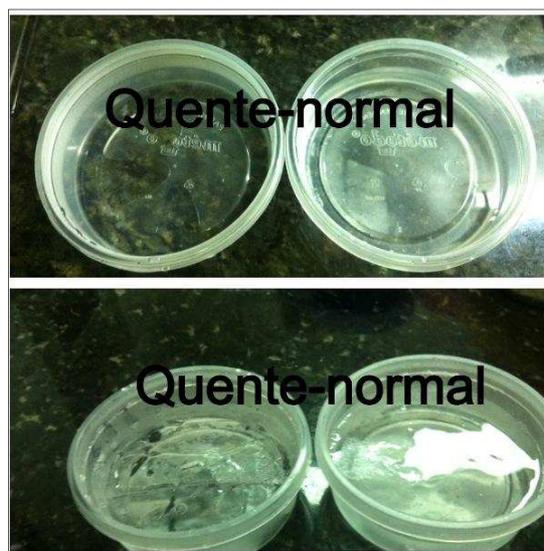
Abaixo são apresentadas explicações para o fenômeno relatadas por dois alunos.

Aluno 1

“Na prática dessa experiência o resultado é que a água quente congelou mais rápido. A evaporação mais rápida reduz o volume da água quente. É uma das explicações que encontrei para esse fenômeno!”

A figura 2 mostra os recipientes antes e depois do congelamento.

Figura 2 – Experimento realizado por um dos alunos. Figura formatada pelo próprio aluno.



Fonte: A pesquisa.

Aluno 2

“Coloquei água quente em um copo e água fria em outro idêntico, com a mesma quantidade de água para congelar, com 1 hora depois, tirei e percebi que a água quente estava solidificando mais rápido. Isso aconteceu porque as moléculas mais energizadas da água quente tendem a escapar evaporando-se, e as moléculas com menor energia da água fria, permanecem no recipiente”.

A Figura 2 mostra os recipientes antes e depois do congelamento.

Figura 2 – Experimento realizado por um dos alunos. Figura formatada pelo próprio aluno.



Fonte: A pesquisa.

Na primeira aula, em que o fenômeno foi apresentado aos alunos em forma de vídeo, as discussões giraram em torno da diminuição da massa de água como consequência da evaporação, o congelamento da água quente poderia, então, resfriar mais rápido porque o recipiente com água quente teria menor volume de água. Esse fato demonstra que as concepções iniciais dos alunos, de certa forma, intuitivas os levaram a considerar um único fator como sendo a causa do fenômeno. O professor instigou os alunos a considerarem alternativas para o fenômeno, por isso foram feitas as seguintes perguntas: O pouco volume

de água que evaporou seria mais importante que a temperatura elevada da água? Em resposta, alguns alunos admitiram que, realmente, ainda assim, a ocorrência do fenômeno parecia irreal.

Corroborando com a natureza construtivista de uma atividade experimental, no momento de ação, os alunos foram incentivados a observarem um determinado fenômeno, a criarem hipóteses, a discutirem, levando-se em consideração seus conhecimentos prévios, várias possibilidades para a realização do experimento. Os alunos afirmaram que o tipo de material (vidro ou plástico), o volume de água e o formato do recipiente influenciariam no tempo de resfriamento da água.

Na parte de formulação dos conhecimentos, nota-se que depois da experimentação as explicações de todos os alunos tiveram o fato da evaporação da água quente como única resposta. Após o período de pesquisa na internet alguns estudantes revelaram outras respostas relativas ao efeito de convecção. O processo de formulação do conhecimento foi sendo monitorado pelo grupo em rede social e percebeu-se que os objetivos de aprendizagem estavam sendo alcançados.

Na situação de validação dos conhecimentos foi possível notar que as concepções dos alunos foram ampliadas, considerando o novo repertório de questionamentos e suas pesquisas realizadas na internet, o que revelou a aquisição de um novo sistema linguístico, moderadamente compartilhado entre os estudantes.

A fase de institucionalização se deu na mesma aula da fase de validação, onde foram trabalhados outros conceitos por trás do fenômeno observado. Nessa etapa, considerou-se que as explicações que alicerçam este estudo estão baseadas em vários fatores, a saber:

1. Evaporação: durante o arrefecimento a água perde massa por evaporação. Com menor massa, o líquido tem de perder menos calor para arrefecer, e por isso arrefece mais rapidamente.
2. Gases dissolvidos: o gás dissolvido geralmente presente em água é diminuído durante o aquecimento da água quente, o que altera as propriedades da água e contribui para explicar o efeito.
3. Convecção: à medida que a água congela, desenvolve as correntes de convecção e uma distribuição de temperatura não uniforme. A densidade diminui com o aumento da temperatura, assim a superfície da água vai ser mais quente do que o fundo, onde terá o congelamento acelerado.
4. Envolvente: se o recipiente está sentado sobre uma camada de gelo que conduz o calor mal, a água quente pode derreter a camada de gelo, e assim estabelecer um melhor sistema de refrigeração. Além disso, a formação de uma camada de gelo isolante no topo da água fria retarda o seu congelamento, sendo assim, a água quente congela mais rápido.

Conforme as contribuições de cada explicação mencionada, é aceitável que uma, duas ou todas elas caracterizem de forma mais concreta o Efeito Mpemba. Porém, é importante

salientar que alguns estudos não comprovaram o efeito.

Os resultados dos experimentos realizados pelos alunos revelaram intensamente a existência das características apresentadas na explicação quanto à evaporação, pois as paredes dos recipientes ficaram completamente preenchidas com água na forma condensada, proveniente da evaporação da água quente. A explicação que trata do ambiente, a questão do envolvente, realmente é plausível, pois os alunos relataram que a área onde o recipiente inicialmente com água quente estava posicionado descongelou e facilitou o resfriamento, devido o bom contato estabelecido.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A concretização das atividades permitiram diversificar as abordagens dos conteúdos através da experimentação, que mostrou ser um recurso essencial para a (re)construção do conhecimento, pois, dessa forma, a transformação do mundo físico para a estrutura cognitiva mais significativa.

Esse estudo contribui para que professores inovem em sala de aula, através de metodologias de ensino diferenciadas, com o objetivo de desenvolver o senso crítico-reflexivo dos alunos, fazendo com que investiguem, busquem soluções e compreendam o mundo que os cerca.

Por fim, as atividades estimularam os alunos a formularem e testarem hipóteses, e confrontá-las com a teoria, utilizando-se, para isso, a lógica do método científico, o que faz desses estudos um importante impulso rumo à aprendizagem significativa.

REFERÊNCIAS

BARBOSA, R. C. **Anomalias termodinâmicas da água na presença de macromoléculas hidrofílicas e hidrofóbicas**. 2015. 100f. Tese (Doutorado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Física, Porto Alegre, RS, 2015.

BROUSSEAU, G. **Introdução ao estudo das situações didáticas: conteúdos e métodos de ensino**. São Paulo: Ática, 2007.

CHAPLIN, M. Walter structure and science. Disponível em: <http://www.lsbu.ac.uk/water/explan.html#mpemba>>. Acessado em 17 de março de 2018.

HODSON, D. Practical works in school science: exploring some directions for change. **Science Education**, v. 18, n.7, p.755-760, 1996.

JENG, M. The Mpemba effect: when can hot water freeze faster than cold? **American Journal of Physics**, v. 74, n. 6, p. 514, 2006.

LU, Z.; RAZ, O. (2017-05-16). Nonequilibrium thermodynamics of the Markovian Mpemba effect and its inverse. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 114, n. 20, 5083–5088.

MADRUGA, Z. E. F.; KLUG, D. A função da experimentação no ensino de ciências e matemática: uma análise das concepções de professores. **Revista de Educação, Ciências e Matemática**, v. 5, n. 3, p. 57-68, 2015.

QUADROS, A. L. A água como tema gerador do conhecimento químico. *Química Nova*. n. 20, 2004.

RODRIGUES, F. C.; GAZIRE, E. S. Os diferentes tipos de abordagem de um laboratório em matemática e suas contribuições para a formação de professores. **REVEMAT**, v. 10, n. 1, p. 114-131, 2015.

ROSITO, B. A. O ensino de Ciências e a experimentação. In: MORAES, Roque (Org.). **Construtivismo e ensino de ciências: Reflexões epistemológicas e metodológicas**. 3ª ed. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2008. p.195-208.

ROYAL SOCIETY OF CHEMISTRY. Mpemba Competition. Disponível em: <<http://www.rsc.org/mpemba-competition/mpemba-winner.asp>>. Acessado em 17 de março de 2018.

SILVA, K. S. *et al.* A Importância do PIBID para a Realização de Atividades Experimentais Alternativas no Ensino de Química. **Quím. nova esc.**, v. 36, n. 4, p. 283-288, 2014.