

EXPERIMENTOS GLACIAIS: FAZENDO EDUCAÇÃO POLAR COM GELO E OUTROS INGREDIENTES

Carina Petsch¹

Aline Vicente Kunst²

277

Resumo. A educação polar é um desafio para muitos docentes e alunos. Portanto, o objetivo deste artigo é apresentar a metodologia de criação de dois experimentos que abordam mudanças climáticas (MC) em ambientes polares, fazer o relato da aplicação e avaliar se os alunos compreenderam corretamente os conceitos. A pesquisa expõe resultados das observações e dados obtidos com um questionário avaliativo. A atividade foi válida pois os alunos foram sujeitos ativos, se colocando na posição de pesquisadores polares. Na experiência sobre o Ártico, os alunos compreenderam que o ambiente se modifica em função da cobertura de gelo marinho que se altera sazonalmente e em função das MC. Para a Antártica, todos os alunos compreenderam de forma correta a retração das geleiras, porém mostraram dificuldades ao relacionar com o aumento do nível do mar. Destaca-se a emergência da educação polar no âmbito da Geografia e a necessidade de criação de estratégias didáticas.

Palavras-chave: mudanças climáticas; ensino de geografia; metodologias ativas; Antártica; Ártico.

GLACIER EXPERIMENTS: DOING POLAR EDUCATION WITH ICE AND OTHER INGREDIENTS

Abstract. Polar education is a challenge for many teachers and students. Therefore, the objective of this article is to present the methodology for creating two experiments that address climate change (CM) in polar environments, report on the application and assess whether the students correctly understood the concepts. The research exposes results of observations and data obtained with an evaluative questionnaire. The activity was valid because the students were active subjects, putting themselves in the position of polar researchers. In the Arctic experience, the students understood that the environment changes due to the sea ice cover that changes seasonally and due to the CM. For Antarctica, all students correctly

¹Docente no Departamento de Geografia da Universidade Federal de Santa Maria, <http://orcid.org/0000-0002-1079-0080>

²Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Farroupilha, aline.kunst@iffarroupilha.edu.br, <http://orcid.org/0000-0002-1079-0080>

understood the retreat of glaciers, but showed difficulties in relating it to the rise in sea level. The emergence of polar education in the context of Geography and the need to create didactic strategies are highlighted.

Keywords: climate changes; teaching geography; active methodologies; Antarctica; Arctic.

EXPERIMENTOS EN GLACIAR: HACIENDO EDUCACIÓN POLAR CON HIELO Y OTROS INGREDIENTES

Resumen. La educación polar es un desafío para muchos profesores y estudiantes. Por tanto, el objetivo de este artículo es presentar la metodología para la creación de dos experimentos que aborden el cambio climático (MC) en ambientes polares, informar sobre la aplicación y evaluar si los estudiantes entendieron correctamente los conceptos. La investigación expone resultados de observaciones y datos obtenidos con un cuestionario evaluativo. La actividad fue válida porque los alumnos eran sujetos activos, poniéndose en la posición de investigadores polares. En el experimento del Ártico, los estudiantes entendieron que el medio ambiente cambia debido a la cubierta de hielo marino que cambia estacionalmente y debido al CM. Para la Antártida, todos los estudiantes entendieron correctamente el retroceso de los glaciares, pero mostraron dificultades para relacionarlo con el aumento del nivel del mar. Se destaca el surgimiento de la educación polar en el contexto de la Geografía y la necesidad de crear estrategias didácticas.

Palabras clave: cambios climáticos; enseñanza de la geografía; metodologías activas; Antártida; Ártico.

Introdução

Com as mudanças climáticas espera-se que as alterações nos ambientes polares repercutam em todo planeta (BECK et al 2014; COOK et al 2016; MOON et al 2019). Uma das principais consequências das mudanças climáticas em ambientes polares é o recuo das geleiras (MOREAU et al 2008). Para a Península Antártica (PA), estudos apontam a retração das geleiras, principalmente daquelas com término no mar, sendo que o oceano mais quente é um fator determinante no recuo (COOK et al 2014; COOK et al 2016). Lee et al (2017) usando um modelo de derretimento de geleiras, estimam que sob o cenário de maior emissão de gases do efeito estufa do IPCC (Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas), as áreas livres de gelo podem se expandir em mais de 25%. Para o Ártico, Moon et al (2019) indicam retração do gelo terrestre, diminuição do gelo marinho e o *permafrost* que está descongelando, como consequência das mudanças climáticas.

Dessa forma, no viés da problemática ambiental do século XXI, as situações que envolvem as mudanças climáticas, constituem-se em um problema central a ser debatido pela sociedade (AHMED et al 2021; LIOTTI e CAMPOS, 2021), que se faz cada vez mais necessário abordar esse assunto em sala de aula (PETSCH et al 2019). À vista disso, a importância científica, beleza extraordinária e história aventureira fornecem ingredientes perfeitos para a educação e divulgação científica polar (BECK et al 2014).

Porém, a educação polar ainda é um desafio para muitos docentes e alunos sendo negligenciada ou pouco desenvolvida como componente curricular (WALTON et al 2013; PETSCH et al 2017a; PETSCH et al 2019; HAMILTON, 2021; PFIRMAN et al 2021). Silveira et al (2014) ao avaliar 25 livros didáticos salientaram que há poucas informações sobre a Antártica, ou estas estão desatualizadas. Bertotti *et al.* (2013) avaliaram somente livros didáticos de 6º ano de Geografia e também demonstraram que o papel da Criosfera é pouco explorado. Por sua vez, Petsch *et al.* (2021, p. 9) destacam, quanto ao Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) “[...] também ocorre a escassez de questões com temas correlatos e questões diretas sobre Mudanças Climáticas e Criosfera, nos últimos anos”. Questiona-se: de onde vem o conhecimento polar?

PETSCH, *Experimentos glaciais: fazendo educação polar com gelo e outros ingredientes*

De forma geral, percebe-se o distanciamento em relação à educação polar, sendo que grande parte do conhecimento do ambiente antártico e ártico é proveniente de filmes e da mídia causando uma série de interpretações errôneas e criação de mitos (SILVEIRA et al., 2014; PETSCH et al., 2017a; PETSCH et al., 2017b). Moon et al (2019) destacam sobre a questão das alterações ambientais no Ártico, por exemplo, que os artigos da mídia se referem a esse ambiente como uma área em desaparecimento, então além de ser distante da maioria das pessoas, parece não existir mais. Petsch et al (2017b) também citam o distanciamento em relação ao continente antártico e destacam que embora a Antártica não seja tão distante do sul do Brasil, por exemplo, a maioria dos alunos acredita que seja extremamente longe. Por exemplo, a distância entre São Borja (RS) e a EACF (Estação Antártica Comandante Ferraz) é de aproximadamente 3700 km.

Uma das maneiras de preencher a lacuna entre pesquisadores e educadores é desenvolver um conjunto de atividades simples, mas não simplórias, com a participação dos alunos (BECK et al 2014). Nesse viés, destaca-se que a realização de experimentos, os quais podem contribuir com a forma de compreender como as mudanças climáticas globais impactam as regiões polares. Campos et al (2019) destacam que a realização de atividades práticas na Geografia, se torna um componente curricular fundamental, já que torna as aulas mais dinâmicas e atrativas, proporcionando maior significado ao conteúdo. Salienta-se que o aluno assume um papel de destaque no processo de ensino aprendizagem, pois se trata de uma metodologia ativa (MORAES e CASTELLAR, 2018). Bacich e Moran (2018) acrescentam que:

As aprendizagens por experimentação, por *design*, e a aprendizagem *maker* são expressões atuais da aprendizagem ativa, personalizada, compartilhada [...] Ensinar e aprender tornam-se fascinantes quando se convertem em processos de pesquisa constantes, de questionamento, de criação, de experimentação, de reflexão e de compartilhamento crescentes, em áreas de conhecimento mais amplas e em níveis cada vez mais profundos (BACICH e MORAN, 2018, s p) [...]

A pesquisa se justifica diante da ausência ou generalização de conteúdos nos livros didáticos, portanto, é importante a valorização do ensino geográfico polar e desenvolvimento de material paradidático. Também se ressalta a necessidade de criação de estratégias didáticas envolvendo a educação polar e que sejam significativas

PETSCH, *Experimentos glaciais: fazendo educação polar com gelo e outros ingredientes*

para os alunos em diferentes escalas, proporcionando a compreensão destes ambientes gelados, assim como, as alterações provenientes de mudanças climáticas, em nível local e global. Diante do exposto, os objetivos deste artigo são (i) apresentar a metodologia de criação de dois experimentos que reproduzem os resultados encontrados em dois artigos científicos que abordam mudanças climáticas ocorrendo em ambientes polares, e (ii) fazer o relato da aplicação desta atividade pedagógica na disciplina de Geografia, com alunos de um curso Técnico em Eventos Integrado ao Ensino Médio; (iii) avaliar como os alunos entenderam os componentes do ambiente glacial.

Materiais e métodos

A pesquisa possui caráter quali-quantitativo. Denomina-se qualitativa pois foi relatada de acordo com as vivências das professoras ministrantes da oficina e as interações apresentadas pelos alunos durante a atividade síncrona e assíncrona; é quantitativa ao analisar os dados do questionário avaliativo. Ressalta-se que a atividade foi desenvolvida de forma remota, já que as aulas estavam sendo ministradas nesse formato devido a pandemia da COVID-19, e os (as) alunos(as) fizeram a atividade como forma avaliativa da disciplina de Geografia.

Dessa maneira, a atividade consistiu nas seguintes etapas: conversa da professora da turma com os alunos e disponibilização do material; realização da oficina com uma parte teórica, outra destinada a visualização dos experimentos e a última destinada ao debate e para esclarecer dúvidas; momento de realização dos experimentos pelos alunos; e envio dos vídeos/fotografias dos experimentos e preenchimento de questionário *online* (Figura 1).

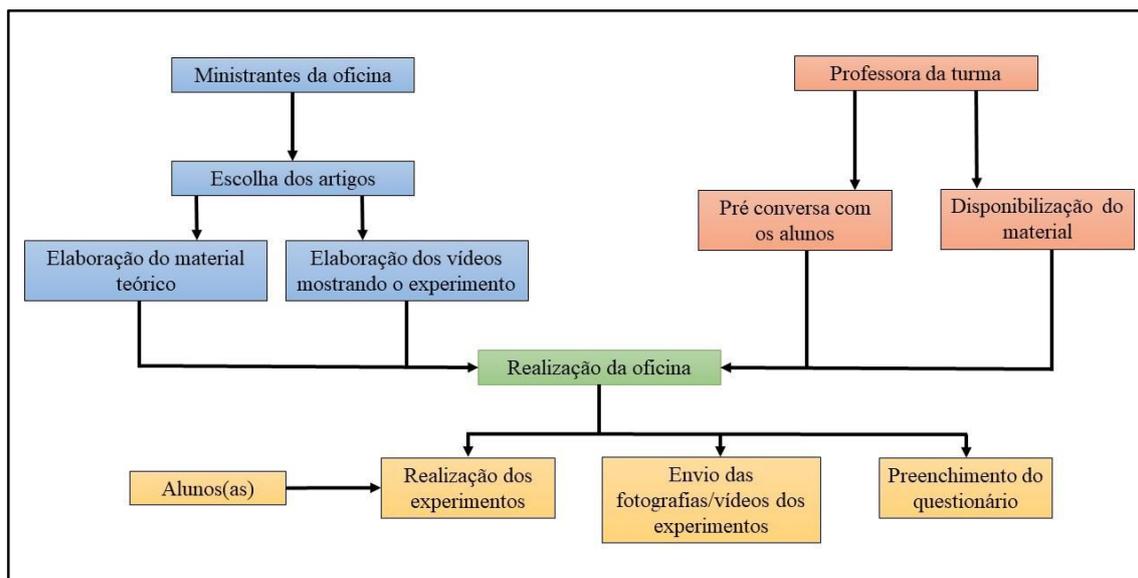


Figura 1: Fluxograma metodológico da pesquisa

Definição de artigos que tratam sobre mudanças climáticas no Ártico e Antártica e elaboração do material teórico

O primeiro momento desta pesquisa foi constituído por uma revisão bibliográfica buscando artigos que demonstrassem mudanças ambientais nas regiões polares. Sendo assim, foram escolhidos dois artigos. Petsch et al (2019) destacam que como se trata de um assunto que constantemente possui novas descobertas científicas, os artigos escolhidos devem ser recentes e contribuir para o desenvolvimento de material didático de apoio.

O primeiro artigo foi escolhido pois apresenta um panorama geral das consequências das mudanças climáticas no Ártico. Moon et al (2019) abordam que alterações no *permafrost* do Ártico, no gelo terrestre e no gelo marinho causarão implicações na infraestrutura, na economia e na cultura de moradores destas regiões, assim como em porções temperadas e tropicais por se tratarem de mudanças sistêmicas. O segundo artigo, de Cook et al (2016), avaliou a retração de geleiras da Península Antártica (PA) e a relação com temperaturas oceânicas. Os autores encontraram significativas correlações estatísticas entre a retração das geleiras e temperaturas do oceano mais altas para a costa oeste da PA. A escolha deste segundo artigo ocorreu em função de um vídeo da NASA (*National Aeronautic and Space Administration*) que demonstra este PETSCH, *Experimentos glaciais: fazendo educação polar com gelo e outros ingredientes*

mesmo processo². Dessa forma, a experiência criada para os alunos foi baseada no vídeo da NASA.

Para elaboração do material teórico da oficina foram seguidos os pressupostos de Petsch et al (2019), uma vez que diversas estratégias didáticas podem ser realizadas para a educação polar, porém destacam os resultados com oficinas lúdicas que trazem fotografias, vídeos e experimentos práticos. O material que inclui os *slides* utilizados na oficina e os vídeos tutoriais foram disponibilizados para os alunos com antecedência usando a plataforma oficial da Instituição.

Materiais utilizados para a elaboração do experimento e disponibilização do tutorial no Youtube

Para a realização dos experimentos foram utilizados materiais de baixo custo e acessíveis aos alunos, visto que o experimento foi realizado de forma assíncrona. Nesse sentido, para a primeira experiência, sobre a retração de geleiras na Antártica, utilizou-se dois recipientes e dois blocos de gelo de igual tamanho, uma régua, um celular ou relógio com cronômetro, papel, caneta, água líquida em temperatura ambiente e água líquida morna. O propósito de utilizar dois blocos de gelo de tamanho igual, representando duas geleiras (Figura 2), foi para permitir a medição e observação da retração diante de duas situações: mar mais aquecido e o mar com temperatura mais amena.

² O vídeo está disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=0QVVzFPChAU>

PETSCH, *Experimentos glaciais: fazendo educação polar com gelo e outros ingredientes*



Figura 2: Demonstração dos dois blocos de gelo que representam as geleiras e a régua para medição da retração.

O desenvolvimento do experimento consistiu em realizar medidas a cada um minuto, visando identificar a taxa de retração das duas geleiras. Destaca-se que o ideal é realizar a medida sempre de um mesmo ponto do bloco de gelo (porção que está fora da água), pois a porção frontal do bloco pode apresentar retração diferente. A partir da medida realizada, deve-se inserir no gráfico os dados utilizando o eixo x como de retração e o eixo y sendo o tempo de experiência transcorrido. Foi recomendado para os alunos um tempo médio de 5 a 8 minutos para observação do experimento.

O segundo experimento procurou contemplar diferentes ambientes do Ártico, desde o marinho até o terrestre. Sendo assim, era necessário o uso de um recipiente; gelatina representando o *permafrost*; uma rocha, cristal ou seixo representado minerais de fundo oceânico; duas tampas de garrafas que seriam navios; uma vela que seria o sol; um pedaço de gelo maior para ser colocado flutuando na água líquida, representando o gelo marinho; água líquida em temperatura ambiente representando o oceano; e outros blocos de gelo menores para serem inseridos sob a porção de gelatina representando as geleiras.

PETSCH, *Experimentos glaciais: fazendo educação polar com gelo e outros ingredientes*

Nesse experimento, têm-se dois momentos. Um primeiro momento que simboliza um ambiente no inverno, com o gelo marinho atuando em diversas funções: bloqueando a passagem dos navios, protegendo a costa de ondas, refletindo a radiação solar e dificultando o acesso ao fundo marinho (Figura 3 A). No segundo momento (Figura 3 B), ocorre a diminuição do gelo marinho que está ligada à sazonalidade, mas também às questões de mudanças climáticas e aumento da temperatura média do ar. As adaptações quanto ao material utilizado foram permitidas.



Figura 3: A demonstra uma situação de inverno onde o gelo marinho possui maior extensão; e B representa o ambiente no verão. Salienta-se que as tampas de garrafas que representam navios, podem circular livremente, com a menor cobertura de gelo marinho em 3B.

Realização da oficina

A oficina foi realizada utilizando o aplicativo *Google Meet*, com 31³ alunos do ensino médio técnico em Eventos, com duração de 2 horas. Destaca-se que não foi feito um momento para caracterização e conhecimento dos alunos participantes, já que a professora regente também faz parte deste projeto de pesquisa. Contudo, antes do

³ Salienta-se que se tratavam de duas turmas, porém, na prática a Instituição optou por ministrar as aulas em uma única turma.

PETSCH, *Experimentos glaciais: fazendo educação polar com gelo e outros ingredientes*

início da oficina procurou-se deixar o espaço aberto para interação entre as ministrantes da oficina, professora da turma e alunos. Ao final da oficina, foram disponibilizados novamente os dois vídeos tutoriais⁴ e explicada a forma de conduzir o experimento.

Questionário avaliativo

Os alunos tiveram um período de 15 dias para fazer a atividade, sendo o recebimento do material organizado via *Google* Formulários. Nos itens solicitados era necessário enviar fotografias dos experimentos e responder algumas questões (Quadro 1).

Perguntas do questionário	
Anexar fotografias dos dois experimentos	Questão aberta: caso haja uma menor cobertura de gelo marinho no Ártico, o que ocorrerá em relação aos navios (tampa de garrafa) e ao fundo marinho (cristal da experiência)?
Anexar fotografias do gráfico de retração das geleiras da Antártica	Anexar uma fotografia que mostra o prejuízo do derretimento do <i>permafrost</i> em relação à infraestrutura
Questão aberta: se houve troca de material e a justificativa	Questão objetiva onde o aluno deveria apontar as consequência(s) do aquecimento global na Antártica
Questão aberta: com uma menor cobertura de gelo marinho no Ártico, como o sol (vela do experimento) irá atuar?	Questão aberta para os alunos escreverem sobre como as experiências e a oficina contribuíram para seu aprendizado sobre os polos

Quadro 1: Questões objetivas e abertas que foram disponibilizadas para os alunos no questionário avaliativo.

⁴ Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=G4tXzBbCnZQ&t=15s> e https://www.youtube.com/watch?v=fl_RpSGEt8E&t=101s
 PETSCH, *Experimentos glaciais: fazendo educação polar com gelo e outros ingredientes*

Resultados e discussões

Neste tópico serão apresentadas as interações que ocorreram entre alunos e professoras antes e durante a oficina, a realização dos experimentos pelos alunos e as respostas do questionário avaliativo para verificar se os conceitos glaciais foram entendidos.

A interação anterior e durante a oficina

Anteriormente à realização síncrona da oficina, a professora responsável pela turma explicou para os alunos que iria haver uma dinâmica abordando a Criosfera e que seria ministrada por outra professora. Na ocasião, os discentes perguntaram para a professora da turma se ela já tinha ido para a Antártica, se era muito caro ir pra lá e se qualquer um poderia ir. Também perguntaram sobre os pinguins, como vivem e qual seu alimento. Isso demonstra o engajamento gerado pela temática.

Durante a parte síncrona da atividade, a docente responsável pela oficina buscou apresentar as principais maneiras que a água pode se apresentar no ambiente polar e as diferentes respostas às mudanças climáticas: gelo marinho, geleiras, neve, precipitação líquida, plataformas de gelo e mantos de gelo. Essa estratégia foi adotada, conforme exposto por Otto e Morais (2019), considerando que a água é um elemento primário para a existência humana, portanto, tratar as geleiras e mantos de gelo como parte do ciclo hidrológico configura uma estratégia de ensino de Geografia Física significativa.

Buscou-se durante a apresentação dos *slides* apresentar a parte teórica e relacionar com os objetos e cenário do experimento, visando diminuir a abstração durante a realização da atividade em casa. Destaca-se que o ideal não seria que os alunos fizessem a reprodução do experimento, mas sim criassem a partir das ideias fornecidas ao longo da parte teórica, porém como se trata de um ambiente que além de distante ainda era ausente para as memórias dos alunos, dialogando com Costella (2019), optou-se por usar o experimento como parte dessa etapa de significação.

Os alunos fizeram contato diretamente com a professora quando estimulados por ela e se mostraram curiosos com a temática. Durante a apresentação dos *slides* não houve PETSCH, *Experimentos glaciais: fazendo educação polar com gelo e outros ingredientes*

intervenção verbal, somente alguns alunos comentando as fotografias exibidas utilizando o *chat*. A oficina teve interação somente no final da exposição dos *slides*, onde perguntaram sobre algumas curiosidades como: “é muito frio?”, “lá pode tomar banho?” e “tem internet e celular pega?”. Outros também tiraram algumas dúvidas sobre o experimento e quando deveriam entregar a atividade.

A realização da atividade: fazendo gelo em casa

Ressalta-se que uma aluna, após a parte teórica da oficina, disse que gostaria de ser pesquisadora, pois se inspirou nas ministrantes da oficina. Bacich e Moraes (2018, s. p.) refletem que nas metodologias ativas deve-se fomentar “a percepção de que todos podem evoluir como pesquisadores, descobridores e realizadores”. Trabalhar com a divulgação científica polar também têm esse papel de incentivar e inspirar jovens, sobretudo mulheres, a se engajarem na pesquisa polar representando a ciência brasileira no continente. Ademais, as dúvidas tratavam sobre alguma troca de material e sobre como responder o questionário avaliativo.

Todos os alunos enviaram uma devolutiva em relação à atividade. A maioria dos alunos enviou duas fotografias, sendo que em uma havia a representação do cenário de inverno no Ártico e a outra fotografia demonstrava o verão no Ártico (Figura 4A), conforme recomendado pelo vídeo de instruções. A diminuição do gelo marinho no cenário de verão, e a modificação da posição dos navios (tampas de garrafa) demonstram que compreenderam as principais diferenças sazonais. Contudo, alguns alunos enviaram somente uma fotografia (Figura 4 B, C e E) evidenciando que apenas montaram a estrutura, mas não compreenderam a questão que o ambiente se altera sazonalmente. Além disso, percebe-se que a organização está incorreta, com excesso de gelatina, que representa o solo *permafrost* (Figura 4 C e 4 D). Salienta-se que um aluno (Figura 4 B) tentou organizar um tutorial, contudo empregou erroneamente o termo geleira, quando deveria ser gelo marinho.

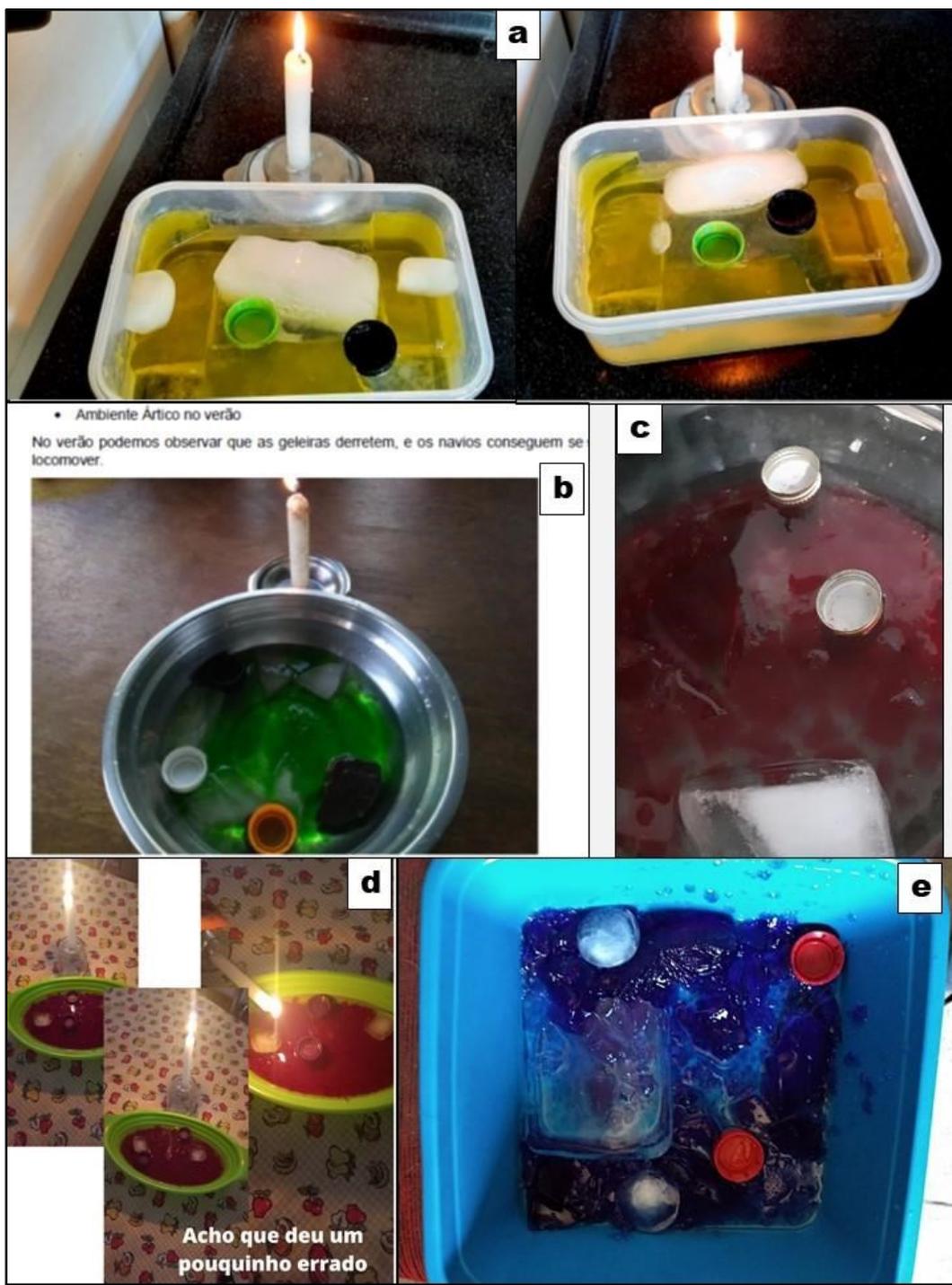


Figura 4: Fotografias tiradas pelos alunos realizando os experimentos.

Possivelmente, o fato de representar o ambiente em somente uma foto e não discutir/assumir que há alteração no ambiente provém de um ensino de Geografia que traz muito mais a ideia do estático do que um espaço em constante movimento. À vista PETSCH, *Experimentos glaciais: fazendo educação polar com gelo e outros ingredientes*

disso, “um estudo do espaço assim concebido requer uma análise da sociedade e da natureza, e da dinâmica resultante da relação entre ambas” (CAVALCANTI, 2002, p.13). Principalmente, em ambientes que sofrem alterações não só pelos ciclos sazonais, mas também pela ação antrópica, se faz necessário explorar o caráter temporal e as mudanças envolvidas nos elementos da paisagem.

Como um exemplo interessante a ser demonstrado, cita-se que uma aluna enviou um vídeo explicando o passo a passo do experimento e outra fez um tutorial relacionando corretamente os objetos usados com seu significado real (Figura 5 A); em seguida destacou a situação de inverno com excesso de gelo marinho e a dificuldade de passagem dos navios (Figura 5 B e 5 C); e a diminuição de gelo marinho e consequentemente passagem dos navios (Figura 5 D).

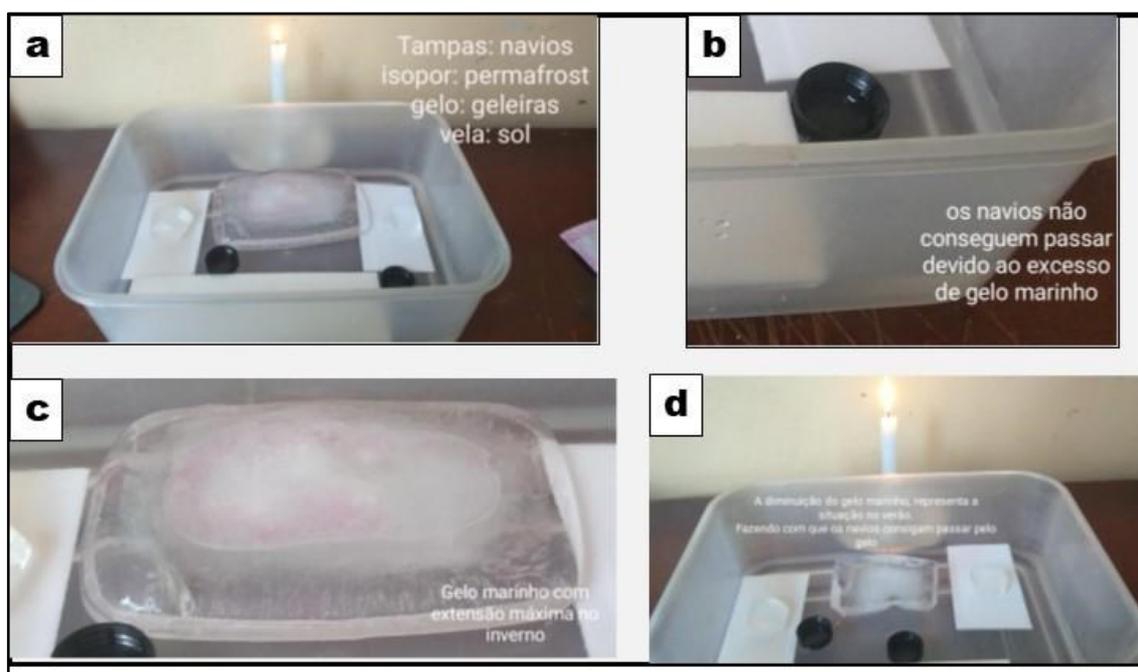


Figura 5: Capturas de tela do tutorial enviado pela aluna.

Destaca-se que para o caso do experimento envolvendo o Ártico houveram maiores incidências de trocas de material, já que envolve maior complexidade de ingredientes. Alguns alunos substituíram a gelatina por isopor, caixas de leite (Figura 6 A) e caixas de creme de leite (Figura 6 B) justificando que a gelatina “desandou”, o que também pode

PETSCH, *Experimentos glaciais: fazendo educação polar com gelo e outros ingredientes*

ter provocado alterações no experimento. Optou-se por usar a gelatina para representar o *permafrost*, para dar mais flexibilidade ao material, e repassar a ideia de que esse solo poderia ser alterado, por exemplo, sem gelo marinho haveria maior velocidade das ondas e conseqüentemente maior erosão costeira. No total, oito alunos trocaram algum material por não ter em casa e dois trocaram para entender melhor o experimento (Figura 6 C). Para a Antártica, como era mais simples o experimento, não houveram trocas de material.

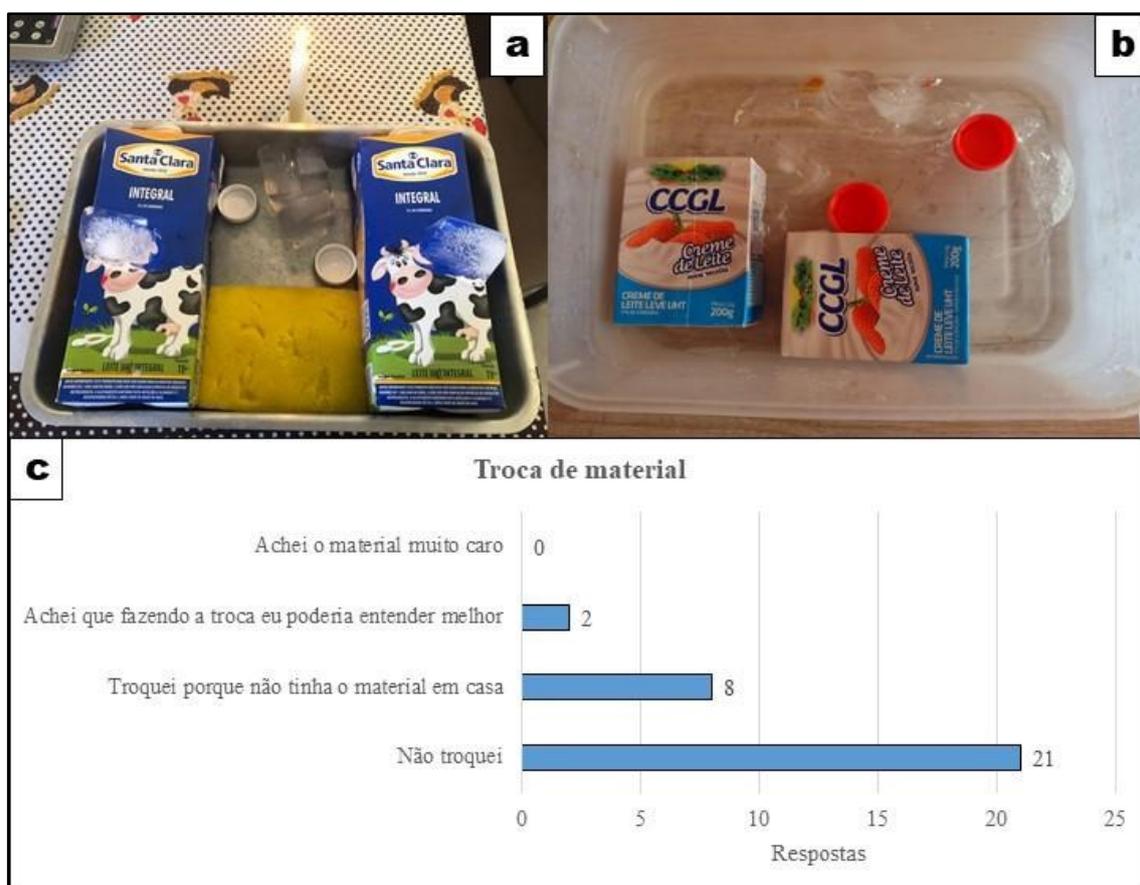


Figura 6: A e B mostra itens substituídos nos experimentos e C demonstra o gráfico relativo ao questionário avaliativo.

Destaca-se que em função da pandemia os materiais foram mais simples e de baixo custo, mas em contexto presencial poderiam ter sido utilizados materiais diferentes e mais elaborados. Embora, a troca de material possa ser interessante para que os alunos

PETSCH, *Experimentos glaciais: fazendo educação polar com gelo e outros ingredientes*

possam abstrair como o ambiente é na realidade e como será reproduzido em sua casa. Nesse viés, Bacich e Moraes (2018) refletem que “o importante é estimular a criatividade de cada um. [...] Assim, o aprender se torna uma aventura permanente, uma atitude constante, um progresso crescente (BACICH e MORAN, 2018, p. 15).

O gelo marinho diminuiu? E agora?

Em relação à pergunta “com uma menor cobertura de gelo marinho no Ártico, como o sol (vela do experimento) irá atuar?” dividiu-se as respostas em dois grupos, aqueles que debateram de forma sistêmica e aqueles que somente apontaram um fator (Quadro 2). Cinco alunos relacionaram as respostas com a questão do albedo, calor específico, expansão da água com o calor e presença de lagos supraglaciais, observando que recorreram ao material teórico disponibilizado via plataforma oficial da instituição, apontando dados científicos. A informação citada pelos alunos, de que na medida que a cobertura de gelo marinho diminui, a água oceânica mais escura exposta absorve até 9 vezes mais radiação solar no verão é de Euskirchen et al. (2013) e Moon et al. (2019).

Respostas fazendo associações corretas	Respostas relacionadas a um único fator ou associações equivocadas
A superfície brilhante do gelo marinho reflete grande parte da radiação solar que chega de volta ao espaço, evitando que a energia aqueça o planeta. À medida que a cobertura do gelo marinho diminui, a água exposta do oceano, mais escura, absorve 9 vezes mais radiação solar no verão.	O sol irá aquecer a água.
Ele fará com que o mar fique mais aquecido e assim poderá ocasionar mais o derretimento do gelo.	O gelo vai ser derretido mais rápido
São formados pequenos lagos brilhantes sobre o gelo devido ao derretimento causado pelo sol quente. A água é mais escura do que o gelo brilhante e reflexivo e, assim, absorve o calor solar mais rápido. Com isso, os lagos, uma vez formados, aceleram o derretimento.	O sol irá derreter as geleiras

Aqueceria todo o mar mais rápido, ocasionando derretimento e aumento do nível do mar.	Demonstra o derretimento das geleiras devido ao sol que fica mais forte a cada ano pelo desmatamento
Ele irá expor a água do oceano a muito mais radiação, que pode chegar a 9 vezes mais radiação em água exposta.	O sol ficará mais forte e atua de forma severa, se torna até mesmo nocivo para a saúde.

Quadro 2: Respostas mostram que os alunos buscaram o material teórico disponibilizado pelas ministrantes da oficina enquanto outros fizeram associações equivocadas.

Dos alunos restantes, a maior parte relatou que o Sol iria aquecer a água, mas sem dar maiores explicações, o que também está correto; quanto às afirmações equivocadas, a minoria relacionou diretamente o sol ao derretimento das geleiras; outros, na tentativa de fazer algumas associações, apontaram que o Sol ficaria mais forte a cada ano devido ao desmatamento e que o Sol atuaria de forma severa na saúde (Quadro 2).

Porque os navios conseguem se movimentar no experimento?

Em relação às respostas da questão “com uma menor cobertura de gelo marinho no Ártico, o que ocorrerá em relação aos navios (tampa de garrafa) e ao fundo marinho (cristal da experiência)?”, a maioria dos alunos apontou a facilidade de abrir novas rotas marítimas e a minimização de riscos, pois os navios não irão mais naufragar. Também apontam questões de transporte, ao refletirem que a passagem por esta porção do hemisfério norte irá encurtar rotas (Quadro 3). Quanto às respostas equivocadas, há várias associações incorretas como o aluno que acredita que toda a coluna de água está congelada, sendo que no experimento foi mostrado que é somente superficial; outro aluno que acredita que haverá derretimento do gelo e o fundo marinho ficaria coberto por esta água; e confusão entre os conceitos de geleiras e gelo marinho (Quadro 3).

Respostas corretas	Associações equivocadas
As tampas de garrafa (navios) terão espaço para passar, pois o gelo marinho que bloqueava a passagem está com uma cobertura menor, e o marinho acaba ficando mais visível	Os navios irão afundar, e o fundo marinho terá um aumento no nível da água.
A diminuição da extensão do mar congelado gera novas possibilidades como a abertura de novas rotas comerciais que reduzem o tempo e os custos do transporte marítimo no hemisfério norte, o acesso a recursos renováveis e não renováveis. O fundo do mar ficará mais acessível para a exploração geológica.	Os navios conseguirão chegar mais próximos as geleiras e o fundo marinho voltará a ter águas correntes, pois não estarão mais congeladas
... novas rotas comerciais que reduzem o tempo e os custos do transporte marítimo no hemisfério norte, o acesso a recursos renováveis e não renováveis. Também cria mais possibilidades de exploração geológica, já que se acredita que o Ártico abriga um quarto dos combustíveis fósseis do planeta.	Os navios têm uma circulação maior, já o fundo marinho irá ficar debaixo da água devido ao aumento dela.
Em relação aos navios, eles poderão passar por onde antes não conseguiam, pois agora o gelo não estaria mais impedindo passagem e o fundo do mar pode ter acesso mais fácil.	Os navios terão maior movimento no meio das geleiras.

Quadro 3: A maioria dos alunos compreendeu que os navios estão tendo novas rotas em função das mudanças climáticas, enquanto alguns acreditam que toda coluna de água do mar do polo Norte estaria congelada.

Sobre essa discussão, Souza Junior, Rosa e Simões (2016) destacam que a redução do gelo marinho gera rotas que intensificarão o fluxo de navios comerciais no Ártico, ademais há a presença de óleo e gás no Oceano Ártico que cria tensões por conta da reivindicação de países para o acesso a este material. Por conseguinte, essa temática tem grande potencial de ser abordada em sala de aula, com um viés geopolítico, refletindo como as mudanças climáticas atuam em diversas esferas da sociedade.

PETSCH, *Experimentos glaciais: fazendo educação polar com gelo e outros ingredientes*

Castellar (2005), corrobora ao refletir que é necessário construir atividades de aprendizagem para que o aluno reflita sobre a realidade, a sociedade e a dinâmica do espaço.

Permafrost? O que é isso?

O *permafrost* foi um dos conceitos que geraram maior curiosidade nos alunos. Para tanto, havia uma pergunta no questionário os incentivando a pesquisar na internet sobre o que ocorre com casas que são construídas nesse solo e que podem ter a estrutura abalada em função do derretimento da camada ativa. A fotografia⁵ mais anexada pelos alunos é a primeira que aparece no Google quando se digita “permafrost casa” ou “permafrost degelo”. Além disso, o *site* que hospeda a imagem pede um cadastro para que o aluno possa ler a explicação sobre o esquema. Evidentemente, isso deve ter dificultado o acesso dos alunos ao conteúdo, sendo que apenas copiaram a fotografia.

Por outro lado, um aluno inseriu uma imagem esquemática da *National Geographic*, que mostra toda a alteração na paisagem em função do descongelamento do *permafrost*⁶. A página em que o aluno buscou a imagem conta ainda com mapas do Ártico e dados científicos. Outros alunos colocaram uma fotografia de uma casa se quebrando em função do derretimento do solo; somente um aluno inseriu um perfil de solo referente ao *permafrost*⁷, ainda que não seja proveniente de um *site* científico fornece a visão vertical da disposição dos horizontes; e outro aluno inseriu uma imagem do efeito da erosão marinha no *permafrost*, que foi uma das fotografias mostradas na oficina. Sobre a temática, Moon et al (2019) evidenciam que o descongelamento do *permafrost* leva a danos na infraestrutura de edifícios, estradas e serviços públicos nas comunidades.

O exercício se mostrou válido na medida em que fomentou a pesquisa nos alunos, mesmo que a maioria tenha recorrido à primeira imagem que apareceu. Gonçalves e Silva (2018, p. 133) refletem que “o aluno não pode ser considerado alguém que não sabe nada, e sim, alguém que por si só pode pesquisar a qualquer tempo sobre o assunto

⁵ Por questões de direitos autorais optou-se por não inserir as fotografias no presente artigo.

⁶ Disponível em <https://www.nationalgeographic.com/environment/graphics/how-abrupt-permafrost-thaw-threatens-arctic-feature?sf217453980=1>

⁷ Disponível em: <https://socientifica.com.br/enciclopedia/permafrost/>

PETSCH, *Experimentos glaciais: fazendo educação polar com gelo e outros ingredientes*

que desejar”. Dessa forma, sobretudo no contexto do ensino remoto emergencial (ERE) e pós-ERE é preciso explorar as tecnologias e fomentar seu uso na sala de aula.

Experimento da Antártica: medindo a retração da geleira

Em relação ao experimento envolvendo a Antártica, percebe-se que houve maior facilidade, pois, a maioria dos alunos enviaram várias fotografias mostrando o comparativo dos pedaços de gelo e o gráfico (Figura 6A e 6B), o que se acredita que seja devido ao experimento ser mais simples e envolver menos ingredientes. Ademais, uma aluna também fez um tutorial mostrando o passo a passo da medição, não só em comprimento, mas também na altura do pedaço de gelo e outra aluna enviou um vídeo. Somente 3 alunos enviaram ou só a fotografia do gráfico ou só do gelo depois de retrair (Figura 7 C e 7 D).

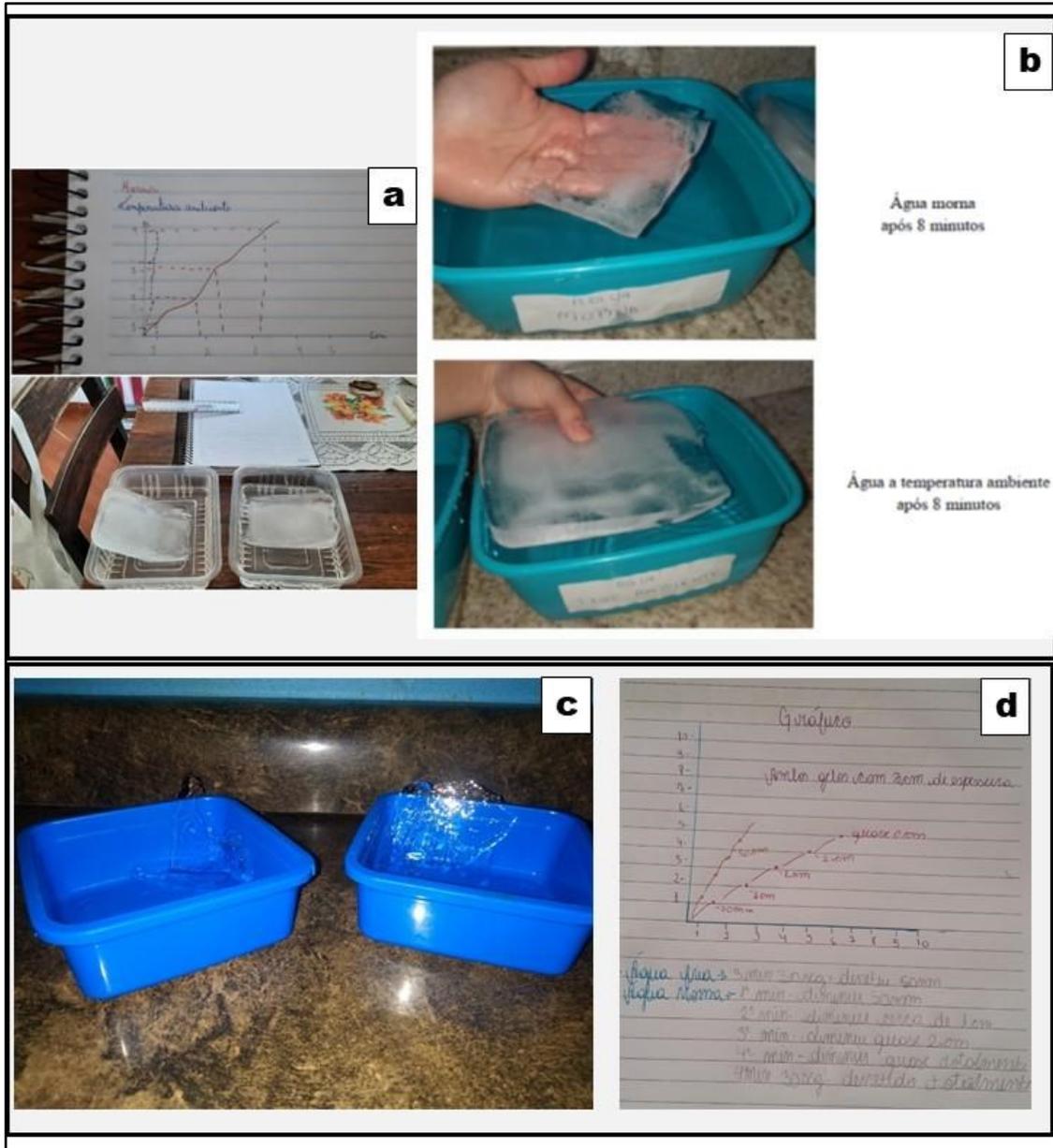


Figura 7: Fotografias da experiência envolvendo a Antártica.

Castellar (2017) destaca que o uso de tabelas, gráficos e perfis de solo, por exemplo, contribuem para o entendimento de quantidades, causa e consequências, o que permite relações e comparações entre os dados, entendendo o conceito atrelado. Dessa forma, os alunos estão produzindo dados, tabulando os valores e construindo os gráficos, os colocando novamente na posição de pesquisadores. Assim, fica menos abstrato compreender como o mar aquecido atua no sistema geleira.

PETSCH, *Experimentos glaciais: fazendo educação polar com gelo e outros ingredientes*

A Antártica e as mudanças climáticas: o nível do mar vai subir?

Em resposta à questão “aponte uma(s) consequência(s) do aquecimento global na Antártica” (Figura 8), a maioria (22 respostas) se remetem ao aumento do nível do mar devido a retração de geleiras como as da experiência. Destaca-se que a afirmação é errônea, já que as frentes das geleiras que já estão no mar, não configuram aumento de nível de mar, em caso de retração. Essa questão do aumento do nível do mar, como é bastante tratada na mídia, comumente é associada a retração de qualquer tipo de frente de geleira (PETSCH et al 2017b). Outras 19 respostas apontam o aumento do nível do mar em decorrência do derretimento do gelo marinho, o que também é errado, pois são as geleiras que estão representadas no experimento.

Contudo, 20 respostas apontaram acertadamente que o efeito de retração do gelo reproduzido em casa é o mesmo observado na Antártica e 24 compreendem que apesar de não reproduzirmos os *icebergs* eles acabam se desprendendo da geleira. Somente sete respostas apontaram que após o desprendimento de frente de geleiras no mar, pode haver aumento de velocidade da geleira, o que foi debatido na oficina; e somente 6 respostas apontaram que a geleira é composta de água salgada - o que é errado.

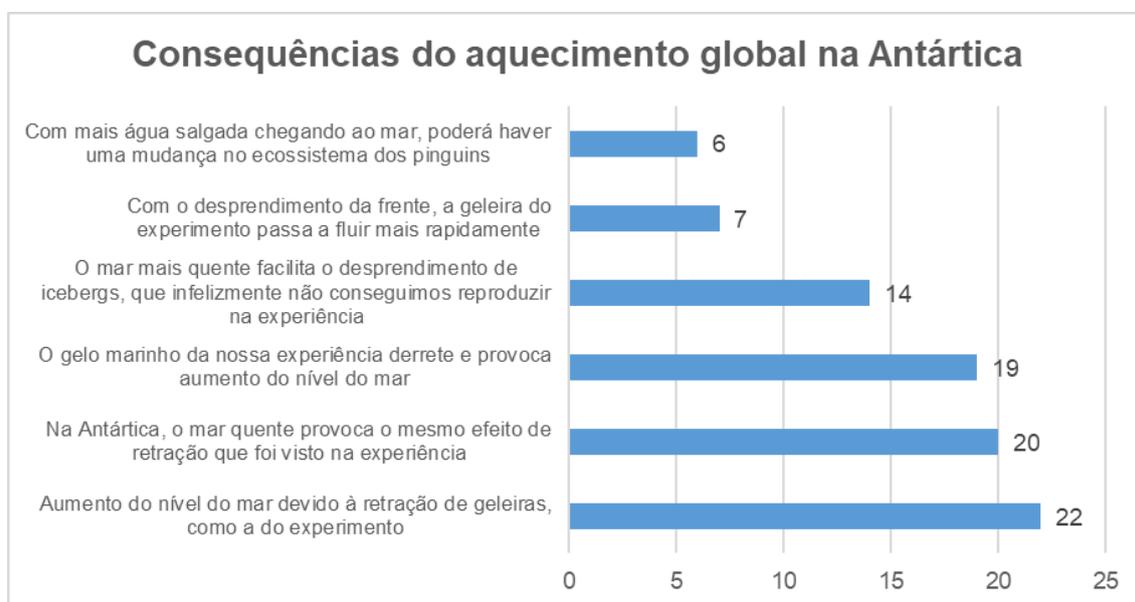


Figura 8: Gráfico mostra a associação dos alunos com a questão do aumento do nível do mar.

Na última questão, os alunos relataram que as experiências foram interessantes, didáticas e divertidas e os motivaram a pesquisar mais sobre os polos. Vários relataram que não tinham conhecimento sobre o assunto, outros relataram que puderam entender que os ambientes polares são distintos. Também ressaltam que puderam avaliar a questão do aquecimento global e consequências para a humanidade, sendo assim isso vai ao encontro do que foi exposto por Rangel (2021), pois o ensino de temáticas físico naturais atreladas ao sociocultural contribui para a formação de cidadãos ambientalmente responsáveis.

No que tange ao correto entendimento dos alunos acerca dos elementos da Glaciologia apresentados na oficina, considera-se que tenha sido produtiva tendo em vista que a maioria dos conceitos nunca havia sido vista por eles. Evidentemente, mais testes devem ser feitos usando recursos didáticos variados para explorar como os alunos compreendem os conceitos polares, o que configura a necessidade de a educação polar ser desenvolvida no chão da escola e não no campo teórico, distante da realidade vivida por professores e alunos.

Desta maneira, destaca-se que a atividade foi importante para promover a interação entre pesquisa, extensão e ensino. Segundo Schloesser e Gold (2021) é fundamental que a comunidade de pesquisadores polares continue a desenvolver recursos educacionais, oferecer desenvolvimento profissional e realizar contato com professores de ensino fundamental e médio. É preciso diminuir as distâncias entre Universidade e escolas!

Considerações finais

O artigo abordou a transposição de dados científicos de dois artigos que tratam de alterações ambientais nos pólos para experimentos didáticos simples de serem realizados em sala de aula devido ao baixo custo do material. A proposta surgiu a partir da necessidade de criação de material didático sobre os pólos para serem usados em sala de aula e também da necessidade de atualização dos dados, visto que as mudanças climáticas e os artigos rapidamente atualizam-se. Evidentemente, professores que possam a vir reproduzir a oficina com seus alunos, devem realizar as devidas alterações para seu contexto.

PETSCH, *Experimentos glaciais: fazendo educação polar com gelo e outros ingredientes*

Nesse viés, os resultados da oficina são válidos porque os alunos foram provocados a se tornarem pesquisadores, sujeitos ativos de descobertas, levantando dados no gráfico, pesquisando sobre o *permafrost* e compondo cenários do Ártico em momentos sazonais distintos. Destaca-se que a experiência do Ártico foi mais complexa, sendo que a maioria dos alunos não conseguiu compreender como a redução do gelo marinho pode causar alterações em nível global. Isso evidencia a emergência da educação polar voltada para a Ciência Geográfica. Por outro lado, questões envolvendo diretamente a sociedade como a abertura de novas rotas de navios em função da diminuição da área de gelo marinho, foram melhor assimiladas pelos alunos, possivelmente porque foram mais fáceis de serem significadas com uma temática conhecida, como o transporte marítimo.

No que se refere à Antártica, os alunos demonstraram maior facilidade com o experimento, possivelmente em função de ter menos elementos e ser passível de interação - através da construção do gráfico - o que ajuda o aluno a significar a atividade. Contudo, houve uma confusão dos alunos ao relacionarem o experimento com o aumento do nível do mar. Como esta temática é bastante discutida pela mídia e é uma espécie de símbolo das mudanças climáticas nos polos e consequências para o restante do planeta, os alunos associam que todo gelo contribui para a elevação. Destaca-se que para outras aplicações da oficina, pode ser feito um experimento mostrando que o gelo que está em um copo, por exemplo, não contribui para o aumento do nível de água, na medida que derrete. Ainda como trabalho futuro, sugere-se a realização da oficina no formato presencial e que os alunos também possam propor algum experimento para significar o conhecimento polar.

Referências bibliográficas

AHMED, K. J.; CHOWDHURY, M. T. A.; AHMED, M. N. Q.; HAQ, S.M.A. Understanding Climate Change Perception of Teachers and Students: An Overview. In: ALAM, G.M.M.; ERDIAW-KWASIE, M. O.; NAGY, G. J.; LEAL FILHO, W. (eds) **Climate Vulnerability and Resilience in the Global South**. Climate Change Management. Springer, Cham. 2021.

BACICH, Lilian; MORAN, José (org.). **Metodologias ativas para uma educação inovadora: uma abordagem teórico-prática**. Porto Alegre: Penso, 2018.

BECK, Inga; HUFFMAN, Louise Tolle; XAVIER, José Carlos Caetano; WALTON, David Winston Harris. Education and Polar Research: Bringing Polar Science into the Classroom. **Journal of Geological Resource and Engineering**, n. 4, p. 217-221, 2014.

BERTOTTI, Ana Paula; ROSA, Kátia Kellem da; HOLGADO, Flávio Lopes. Criosfera e mudanças climáticas: uma abordagem para o ensino fundamental. In: Encontro de práticas de ensino de geografia da região Sul, n. 1º, 2013, Porto Alegre. Anais ... Porto Alegre: UFRGS, 2013, p. 38-44.

CAMPOS, Jean Oliveira; MARINHO, Jardênio de Oliveira; REINALDO, *Lediam Rodrigues Lopes Ramos*. Experimentos como recursos didáticos para educação em solos no ensino de Geografia. **Revista Ensino de Geografia** (Recife). V. 2, n.1, 2019.

COOK, A., VAUGHAN, D., LUCKMAN, A.; MURRAY, T. A new Antarctic Peninsula glacier basin inventory and observed area changes since the 1940s. **Antarctic Science**, 26(6),2014.

COOK, A. J.; HOLLAND, P.R.; MEREDITH, M. P.; MURRAY, T.; LUCKMAN, A.; VAUGHAN, D. G. Ocean forcing of glacier retreat in the western Antarctic Peninsula. **Science**, 353, 6296, 283-286, 2016.

CASTELLAR, Sonia Maria Vanzella. Cartografia escolar e o pensamento espacial fortalecendo o conhecimento geográfico. **Revista Brasileira de Educação em Geografia**, 7(13), 207–232, 2017.

CASTELLAR, Sonia Maria Vanzella. Educação geográfica: a psicogenética e o conhecimento escolar. **Caderno Cedes**, Campinas, vol. 25, n. 66, p. 209-225, maio/ago. 2005.

COSTELLA, Roselane Zordan. Espaços ausentes e não inexistentes na Geografia Escolar. **Movimentos para ensinar geografia: oscilações**. 2.ed. Goiânia: C&A Alfa Comunicação, p. 49-62, 2019.

CAVALCANTI, Lana de Souza. **Geografia e práticas de ensino**. Goiânia: Editora Fim do Século: a nova raridade. São Paulo: Contexto, 2001. Alternativa, 2002

EUSKIRCHEN, Eugenie. S.; GOODSTEIN, Eban. S.; HUNTINGTON, Henry P. An estimated cost of lost climate regulation services caused by thawing of the Arctic cryosphere. **Ecological Applications**, 23(8), 1869– 1880, 2013.

FRITZ, Michael; VONK, Jorien E.; LANTUIT, Hugues. Collapsing Arctic coastlines. **Nature Climate Change**, 7(1), 6– 7, 2017.

PETSCH, *Experimentos glaciais: fazendo educação polar com gelo e outros ingredientes*

GONÇALVEZ, Marta de Oliveira; SILVA, Valdir. Sala de aula compartilhada na licenciatura em Matemática: relato de prática. In: BACICH, Lilian; MORAN, José. **Metodologias ativas para uma educação inovadora**: uma abordagem teórico-prática. Porto Alegre: Penso, 2018.

HAMILTON, Lawrence, C. Two kinds of polar knowledge, **Journal of Geoscience Education**, 69:2, 106-112, 2021.

LEE, Jasmine, R.; RAYMOND, Ben; BRACEGIRDLE, Thomas, J.; CHADÉS, Iadine; FULLER, Richard, A.; SHAW, Justine, D.; TERAUDS, Alek. Climate change drives expansion of Antarctic ice-free habitat. **Nature**, 547, 49–54, 2017.

LIOTTI, Luciane, Cortiano; CAMPOS, Marília Andrade Torales. Livros didáticos do ensino médio e o conhecimento escolar sobre mudanças climáticas. **Revista Brasileira De Educação Ambiental (RevBEA)**, 16(2), 19–36, 2021.

MOON, Twila A. The expanding footprint of rapid Arctic change. **Earth's Future**, 7, 212–218, 2019.

MORAES, Jerusa Vilhena; CASTELLAR, Sonia Maria Vanzella. Metodologias ativas para o ensino de Geografia: um estudo centrado em jogos. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**. Vol. 17, Nº 2, 422-436 (2018).

MOREAU, Myrtille; MERCIER, Denis; LAFFLY, Dominique; ROUSSEL, Erwan. Impacts of recent paraglacial dynamics on plant colonization: A case study on Midtre Lovénbreen foreland, Spitsbergen (79°N). **Geomorphology**, 95, 48-60, 2008.

OTTO, Camylla Silva; DE MORAES, Eliana Marta Barbosa. Reflexões sobre a análise sistêmica na geografia tendo o tema água como referência. **Para Onde!?**, Porto Alegre, RS, v. 12, n. 2, p. 271-280, 2019.

PETSCH, Carina; COSTA, Rafaela Mattos; VELHO, Luiz Felipe; ROSA, Kátia Kellem da. De malas prontas para a Antártica. **Para Onde!?**, Porto Alegre, RS, v. 12, n. 2, p. 180-192, 2019.

PETSCH, Carina; KUNST, Aline Vicente; ZAKRZEWSKI, Sônia Beatris. Criosfera e mudanças climáticas: uma análise das questões do ENEM no período de 1998-2019. In: PETSCH, Carina; DAVID, César de.; BATISTA, Natália Lampert; RIZZATTI, Maurício. WERNECK, Eduardo Augusto (Org.). **Formação de Professores e Geografia**. Casa de Hiram, 341-352, 2021.

PETSCH, Carina; SILVEIRA, PAOLA da Costa; SIMÕES, Jefferson Cardia; Costella, Roselane Zordan. Entre frio, gelo e pinguins: o que mais têm na Antártica?. **Geografia Ensino & Pesquisa**, 21(1), 106–112, 2017a.

PETSCH, Carina; SILVEIRA, Paola da Costa; HOLGADO, Flavio Lopes; ROSA, Kátia Kellem da; VELHO, Luiz Felipe; SIMÕES, Jefferson Cardia. Sentindo os pólos: experiências sensoriais para o aprendizado de Antártica e Ártico. In: PESSOA, Vera Lúcia Salazar; RUCKERT, Aldomar Arnaldo; RAMIRES, Julio Cesar de Lima (org.) **Pesquisa Qualitativa: Aplicações em Geografia**. Porto Alegre: Imprensa Livre, 2017b.

PETSCH, *Experimentos glaciais: fazendo educação polar com gelo e outros ingredientes*

PFIRMAN, Stephanie; HAMILTON, Lawrence; TURRIN, Margie; NARVESON, Craig; LLOYD, Carrie A. Polar knowledge of US students as indicated by an online Kahoot! quiz game, **Journal of Geoscience Education**, 69:2, 150-165, 2021.

RANGEL, Luana Almeida. Materiais pedagógicos para o ensino de geografia física no ensino fundamental II. **Revista Brasileira De Educação Em Geografia**, 11(21), 05–26, 2021.

SILVEIRA, Paola da Costa; PETSCH, Carina; SIMÕES, Jefferson Cardia. Entre os altos e baixos do livro didático: a Antártica não é plana. **Revista Geonorte**, Edição Especial 4, v. 10, n. 1, p. 74-79. 2014.

SOUZA JUNIOR, Enoil de; ROSA, Katia Kellem da; SIMÕES, Jefferson Cardia. Novas dinâmicas territoriais no Ártico: cooperação ou nova Guerra Fria? **Boletim Gaúcho de Geografia**. v. 43, n.1, Agosto, 2016.

SCHLOESSER, Katya A.; GOLD, Anne U. Bringing polar topics into the classroom: Teacher knowledge, practices, and needs, **Journal of Geoscience Education**, 69:2, 113-122, 2021.

Data de Submissão: 27/09/2022

Data da Avaliação: 13/06/2023