



Ministério da Educação – Brasil  
Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – UFVJM  
Minas Gerais – Brasil  
Revista Vozes dos Vales: Publicações Acadêmicas  
ISSN: 2238-6424  
QUALIS/CAPEs – LATINDEX  
Nº. 21 – Ano XI – 05/2022  
<http://www.ufvjm.edu.br/vozes>

## **Conhecimentos ambientais sobre problemas ambientais e aulas investigativas de ciências: um estudo a partir de evidências do PISA 2015**

Me. Renan de Almeida Barbosa  
Mestre em Educação em Ciências pela Universidade Federal  
do Rio Grande do Sul – UFRGS – Brasil  
Doutorando em Educação em Ciências na Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS  
<http://lattes.cnpq.br/3046410917558953>  
E-mail: [renan.barbosa@ufrgs.br](mailto:renan.barbosa@ufrgs.br)

Dr. José Vicente Lima Robaina  
Doutor em Educação pela Universidade do Vale do Rio  
dos Sinos – UNISINOS – Brasil  
Professor de Graduação e Pós-graduação na Universidade  
Federal do Rio Grande do Sul  
Departamento de Ensino e Currículo da Faculdade de Educação – FAGED/UFRGS  
<http://lattes.cnpq.br/6296765931808947>  
E-mail: [joserobaina1326@gmail.com](mailto:joserobaina1326@gmail.com)

**Resumo:** Os conhecimentos ambientais são importantes para a percepção de problemas ambientais, bem como as atitudes e comportamento ambiental. O Ensino de Ciências por Investigação potencializa os conhecimentos ambientais ao promover o ensino e aprendizagem de conceitos científicos. O objetivo do presente estudo foi verificar a relação das variâncias entre o nível de conhecimento ambiental sobre diversas problemáticas ambientais e a quantidade de aulas investigativas na disciplina de Ciências. Utilizou-se dos dados do Programa Internacional de Avaliação de Alunos (PISA) coletados para o ano de 2015 estudantes brasileiros de 15 anos de idade, do 7º ao 12º nível escolar (média do nível escolar de  $10.0 \pm 1.1$ ) de 841 escolas das 27 unidades federativas do Brasil. Optou-se pelas variáveis sobre conhecimento ambiental de sete diferentes problemas ambientais e a quantidade de aulas investigativas em Ciências, empregando análise de variância (ANOVA) de

uma via de Welch. Evidenciou-se a diferença das medianas do nível de conhecimento ambiental de acordo com a quantidade de aulas investigativas de Ciências que estudantes brasileiros são expostos [ $F(3, 3862.428) = 44.286$ ,  $p = 0,000$ ], destacando maiores medianas em estudantes que conduziram investigações em aulas de Ciências.

**Palavras-chave:** PISA; Conhecimento Ambiental; Problema Ambiental; Ensino de Ciências por Investigação; Ensino.

## **Introdução**

O debate sobre as mudanças climáticas e suas consequências demonstram a crescente urgência de ações para sua mitigação, provocando a sociedade em diferentes níveis para repensar e intervir sobre o impacto ambiental dos seres humanos na natureza. Estamos testemunhando diferentes fenômenos naturais causados ou acelerados pela atividade humana, como por exemplo, grandes inundações, incêndios incontrolláveis, desmatamento de florestas tropicais, derretimento de geleiras, que ameaçam a biodiversidade e sustentabilidade de vida humana no planeta (HANDMER et al.; 2012; UNDRR, 2019). Para a sua superação dessa crise socioambiental, o “saber ambiental surge num sentido prospectivo e numa perspectiva construtivista, onde os conceitos se produzem numa relação dialética com seus momentos de expressão na construção de seu referente empírico: a realidade social.” (LEFF, 2012, p.161).

Portanto, para a construção e disseminação desse saber ambiental, faz-se necessário a conexão entre a escola e o campo científico, onde a ciência é produzida pelo ambiente acadêmico, da Educação Ambiental (EA), promovendo pesquisas que considerem as práticas pedagógicas e busquem o aperfeiçoamento destas para a formação de indivíduos capacitados para lidar com a crise ambiental. Como processo educativo, a EA se mostra cada vez mais importante como mecanismo de ressignificação da relação sociedade e natureza, necessitando maior participação da Educação em Ciências (EC) para potencializar com conhecimentos, atitudes e comportamentos os processos de ensino e aprendizagem, desvelando e relacionando os aspectos científicos, econômicos, políticos e culturais das problemáticas ambientais.

Sendo assim, o ensino de conceitos científicos deve propiciar a compreensão do entorno da atividade científico-tecnológica, potencializando a participação de

mais segmentos da sociedade civil, não apenas na avaliação dos impactos da pós-produção, mas, principalmente, na definição de parâmetro em relação ao desenvolvimento da ciência e da tecnologia (AULER, 2003).

Diante disso, a escola tem o objetivo de fornecer subsídios para a aprendizagem de conhecimento científico que seja contextualizado com a comunidade dos alunos, propondo atividades de ensino que utilizem temáticas ambientais e discutam os aspectos políticos, econômicos, culturais e sociais que fazem parte destas temáticas. Acredita-se que o ensino de conceitos científicos tem potencial quando os educandos são expostos a atividades que se aproximam do fazer científico, proporcionando novas linguagens e novas visões de mundo (CARVALHO, 2018). Nesse sentido, argumenta-se sobre uma nova forma de compreender as relações da vida em sociedade e das interações com a natureza, sensibilizando os alunos para um olhar científico diante das problemáticas de seu cotidiano.

Essa relação ser humano-natureza é mediada por diversos fatores cognitivos, emocionais e contextuais, como por exemplo, atitudes, valores e conhecimentos (KOLLMUSS; AGYEMAN, 2002). Esse conjunto de fatores é comumente chamado de consciência ambiental (KOLLMUSS; AGYEMAN, 2002) e o seu estudo tem se consolidado nas últimas décadas devido à fatos científicos relacionados à crise socioambiental e diretrizes educacionais de organizações internacionais (IPCC, 2018; UNESCO, 2017). Portanto, conhecimentos ambientais, preocupação ambiental e o comportamento pró-ambiental têm sido importantes para investigar as relações ou predições que esses conceitos possuem entre si, incluindo medidores externos da realidade educacional de diferentes países, como o Programa Internacional para Avaliação de Estudantes (PISA, em inglês *Programme for International Students Assessment*), que mensurou o nível de conhecimento sobre diferentes problemáticas ambientais nos anos de 2006 e 2015 (OECD, 2009; OECD, 2017a; 2017b).

No âmbito do PISA, algumas variáveis preditoras já foram investigadas quanto à sua determinação do nível de conhecimento ambiental, dentre eles, gênero, nível educacional, nível socioeconômico, desempenho em Ciências, entre outros (LIST et al., 2020). Vale destacar a correlação positiva entre grandes níveis de conhecimento ambiental e sucesso escolar, interesse na Ciência, otimismo em

relação aos problemas socioambientais e contexto e infraestrutura escolar (LIST et al., 2020). Além disso, Coertjens e colaboradores sugerem que a quantidade de aulas de Ciências investigativas tem influência positiva nas atitudes e preocupação ambiental de estudantes (COERTJENS et al, 2010).

Em vista disso, a Educação em Ciências e, destacadamente, o ensino de ciências por investigação demonstra ser importante para o comportamento pró-ambiental, a medida em que contempla ações manipulativas e intelectuais e a interação do professor com os alunos será como a de um orientador de pesquisa, levará os alunos a tomarem consciência desses processos cognitivos, potencializando a construção de conhecimentos científicos (CARVALHO, 2013; SASSERON, 2018). Esses pressupostos teóricos, metodológicos e epistemológicos se mostram importantes devido à sua baixa incidência como pesquisa científica (AUTOR, 2019), uma vez que proposição de um problema como ponto inicial para a aprendizagem pode estimular os alunos ao raciocínio científico. Nesse sentido, a condução de investigação em aulas de ciências tem potencial para elevar o ganho de conhecimentos científicos, mas, em outro nível, contemplar problemáticas socioambientais para o ensino e aprendizagem de atitudes, valores e conhecimentos ambientais.

Diante do exposto acima, o objetivo do presente trabalho foi verificar a relação das variâncias entre o nível de conhecimento ambiental sobre diversas problemáticas ambientais e a quantidade de aulas investigativas na disciplina de Ciências, a partir de dados coletados pelo PISA no ano de 2015. O presente estudo possui a seguinte pergunta de pesquisa: “a média de conhecimento ambiental de estudantes brasileiros é influenciada pela quantidade de aulas investigativas de Ciências?”

Dessa forma, o presente estudo possui as seguintes hipóteses: 1) a escala utilizada em contexto brasileiro para mensurar o nível de conhecimento ambiental sobre diferentes problemáticas ambientais possui nível de confiabilidade adequado; 2) a escala de conhecimentos ambientais sobre diferentes problemáticas ambientais pode ser utilizada como variável resposta (dependente) sobre os conhecimentos ambientais dos estudantes brasileiros; 3) a média do nível de conhecimento ambiental sobre diferentes problemáticas ambientais varia de acordo com a quantidade de aulas investigativas de Ciências que os estudantes brasileiros são

expostos; e por fim, 3.1) os estudantes que têm todas as aulas de Ciências com uma didática investigativa apresentam média do nível de conhecimento ambiental sobre diferentes problemas ambientais diferente de estudantes que não possuem todas suas aulas de Ciências com uma didática investigativa.

O texto do artigo segue com a descrição da base de dados utilizada e das variáveis escolhidas, detalhamento do percurso metodológico e apresentação e discussão dos resultados. Por fim, encerra-se com algumas considerações finais e implicações para estudos futuros.

### **Apresentação da base de dados e identificação das variáveis e observações**

A base de dados escolhida é o PISA, realizado OCDE e que no ano de 2015, foi aplicado com aproximadamente 540.000 estudantes de 15 anos de idade, em mais de 72 países participantes. O PISA possui característica de um survey, que avalia habilidades e conhecimentos em Ciências, Leitura, Matemática e resolução de problemas com o objetivo de avaliar tais aspectos cognitivos considerados essenciais para a participação em sociedades modernas. Os testes são aplicados de maneira digital e são compostos por itens de múltipla escolha e questões abertas, com afirmativas fundamentadas em situações cotidianas e que sua aplicação dura aproximadamente 2 horas.

Para o ano de 2015, o PISA teve seus testes e questionários aplicados com estudantes brasileiros de 15 anos de idade, do 7º ao 12º nível escolar de 841 escolas das 27 unidades federativas do Brasil, correspondendo a um número total de observações de 23.141 (N = 23.141). Como exposto acima, de todas as variáveis disponíveis, foram escolhidas oito dessas, cuja caracterização quanto ao nome, tipo e unidades de medida são apresentadas na Tabela 1 abaixo.

Adotou-se os seguintes critérios de inclusão e exclusão: i) os dados utilizados compreenderam à aplicação do PISA do ano de 2015; ii) apenas os dados dos questionários sobre conhecimentos foram acessados; iii) foram selecionadas as respostas apenas de estudantes brasileiros; iv) foram escolhidas oito variáveis de um total de 921, excluindo-se as demais. Portanto, a análise compreendeu sete variáveis sobre conhecimentos relacionados às Ciências, especificamente sobre

questões ambientais, além da variável relacionada ao país de interesse que, nesse caso foi o Brasil.

**Quadro 1 – Identificação das variáveis de interesse. As unidades de medida são as mesmas para cada uma das variáveis sobre os conhecimentos ambientais.**

| Identificação | Nome da variável                                                                                                         | Unidades de medida                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|---------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>D1.</b>    | Quando está aprendendo Ciências na escola: Pede-se aos estudantes que realizem uma investigação para testar ideias       | 1 = em todas as aulas;<br>2 = na maioria das aulas;<br>3 = em algumas aulas;<br>4 = nunca ou dificilmente;<br>5 - 9 = dados omissos                                                                                                                                                 |
| <b>C1.</b>    | Quão informado você está sobre esta questão ambiental: O aumento dos gases de efeito estufa na atmosfera?                | 1 = eu nunca ouvi falar disso;<br>2 = eu ouvi sobre isso, mas não seria capaz de explicar o que realmente se trata;<br>3 = eu sei algo sobre isso e poderia explicar o problema geral;<br>4 = estou familiarizado com isso e seria capaz de explicar bem;<br>5 - 9 = Dados omissos; |
| <b>C2.</b>    | Quão informado você está sobre esta questão ambiental: O uso de organismos geneticamente modificados?                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| <b>C3.</b>    | Quão informado você está sobre esta questão ambiental: Lixo nuclear                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| <b>C4.</b>    | Quão informado você está sobre esta questão ambiental: As consequências do desmatamento de florestas/outro uso da terra? |                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| <b>C5.</b>    | Quão informado você está sobre esta questão ambiental: Poluição do ar?                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| <b>C6.</b>    | Quão informado você está sobre esta questão ambiental: Extinção de plantas e animais?                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| <b>C7.</b>    | Quão informado você está sobre esta questão ambiental: Falta de água?                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                     |

Fonte: elaboração própria através dos dados do PISA 2015.

A identificação das variáveis com a quantidade de observações pode ser vista no quadro 1 acima. A variável sobre aulas investigativas (D1) possui as seguintes unidades de medida: 1) em todas as aulas; 2) na maioria das aulas; 3) em algumas aulas; e 5) nunca ou dificilmente. Para as variáveis sobre conhecimento sobre problemas ambientais (C1-C7), as seguintes unidades de medida são utilizadas: 1) eu nunca ouvi falar disso; 2) eu ouvi sobre isso, mas não seria capaz de explicar o que realmente se trata; 3) eu sei algo sobre isso e poderia explicar o problema geral; e 4) estou familiarizado com isso e seria capaz de explicar bem. Para todas as oito variáveis, os valores de 5 à 9 são omissos e não foram incluídos.

## Procedimentos metodológicos

O presente estudo é caracterizado como de abordagem quantitativa, uma vez que utiliza de dados numéricos referentes a conhecimentos e práticas de uma amostra estatisticamente comprovada (VILLAYERDE et al., 2021). Em relação aos seus objetivos, pode ser classificado como explicativo, pois tem a preocupação em identificar o que ou o porquê da ocorrência de determinados fenômenos, buscando o aprofundamento da realidade por meio da manipulação e do controle de variáveis, com o escopo de identificar qual a variável independente ou aquela que determina a causa da variável dependente (PRODANOV; FREITAS, 2013).

A análise descritiva das variáveis incluídas na base de dados permitiu a constatação de que nenhuma delas possui distribuição normal e, portanto, demonstrando assimetria nos pressupostos de distribuição. Sendo assim, constatou-se condições de não normalidade na distribuição das observações das variáveis categóricas com mensurações de natureza ordinal. Deste modo, para verificar a dimensionalidade e extração de possíveis fatores dos construtos analisados, realizou-se a análise fatorial do tipo Análise de Componentes Principais (ACP) da escala sobre conhecimentos ambientais sobre diferentes temáticas ambientais.

No processo de análise fatorial por ACP, foi realizado o teste para verificar o critério de Kaiser-Meyer-Olkin da correlação entre as variáveis, com resultado de 0,904, o que indica um resultado totalmente aceitável (KAISER, 1974). Segundo Hair e colaboradores (2009), sugere-se o patamar de 60% como aceitável nas Ciências Humanas e Sociais para a variância total explicada dos componentes extraídos. Para as variáveis escolhidas, obteve-se o valor de 63% da variância, evidenciando que as sete variáveis estão mensurando o mesmo fenômeno. Em outras palavras, a escala dos escores fatoriais também representa as dimensões latentes (construtos) que resumem ou explicam o conjunto original de variáveis observadas, à medida que o Componente Principal de Conhecimentos Ambientais representa a adequação das sete variáveis (C1 à C7) em apenas um construto teórico.

Em seguida, foi realizada a análise da confiabilidade da escala de níveis de conhecimentos ambientais sobre diferentes problemáticas ambientais, para análise da consistência interna de seus itens, foi calculado o coeficiente  $\alpha$  de Cronbach. A

análise demonstrou resultados satisfatórios (LANDIS; KOCH, 1977), na qual o índice de conhecimento ambiental teve confiabilidade de  $\alpha = 0,89$ .

Com a confiabilidade verificada e os escores fatoriais, prosseguiu-se para as inferências estatísticas para explorar a capacidade explicativa dessas variáveis, optando-se pela análise de variância (ANOVA) de uma via. Nesse sentido, a ANOVA possibilita a análise se houve uma diferença significativa nas relações entre estudantes e seus níveis de conhecimento ambiental sobre diferentes problemáticas ambientais e a quantidade de aulas investigativas a que foram expostos na disciplina de Ciências. No presente estudo, a escolha pela ANOVA se dá para investigar a comparação entre as variáveis C1 à C7 com a variável D1 ao considerar essa última como diferentes tratamentos, ou seja, a quantidade de aulas investigativas na disciplina de Ciências (tratamentos) que os estudantes tiveram poderia influenciar ou não seus níveis de conhecimentos ambientais. O nível de significância adotado foi de 0,05.

Em seguida, verificou-se a adequação da amostra e dos dados aos pressupostos da ANOVA através de dois testes estatísticos: 1) o teste de Homogeneidade das Variâncias e 2) o teste Robusto para Igualdade de Médias, particularmente o Teste de Levene. Os testes mencionados foram utilizados para averiguar a validade do uso das medianas da amostra, pois considera as distâncias das observações como mecanismo de robustez para execução das inferências estatísticas. Obteve-se o resultado de  $p = 0,00$  (para  $p > 0,05$ ), demonstrando a violação do princípio de homogeneidade das amostras. Como as amostras se caracterizam não-paramétricas, optou-se pelo teste *post hoc* de Games-Howell para comparação múltipla entre os grupos, pois é um dos mais adequados em situação de não igualdade de variâncias e tamanho das amostras.

Vale ressaltar que a operacionalização das variáveis foi realizada no software *IBM Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) Statistics 25* - uma ferramenta para análise de dados utilizando técnicas estatísticas básicas e avançadas -, a partir do qual foram feitas todas as operações estatísticas deste trabalho, e do software Microsoft Word para apresentação dos dados em gráficos e tabelas. Os resultados e sua discussão serão apresentados na seção a seguir.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Definidas as variáveis e as observações, essa seção descreve as medidas de tendência e variabilidade e as frequências da base de dados utilizada para esse trabalho, porém com enfoque nas médias e amplitudes de cada variável, tendo em vista as suas importâncias para a inferência estatística. A tabela 2 abaixo apresenta as medidas de tendência central, de localização e de variabilidade das variáveis que, para melhor visualização, estão identificadas por siglas.

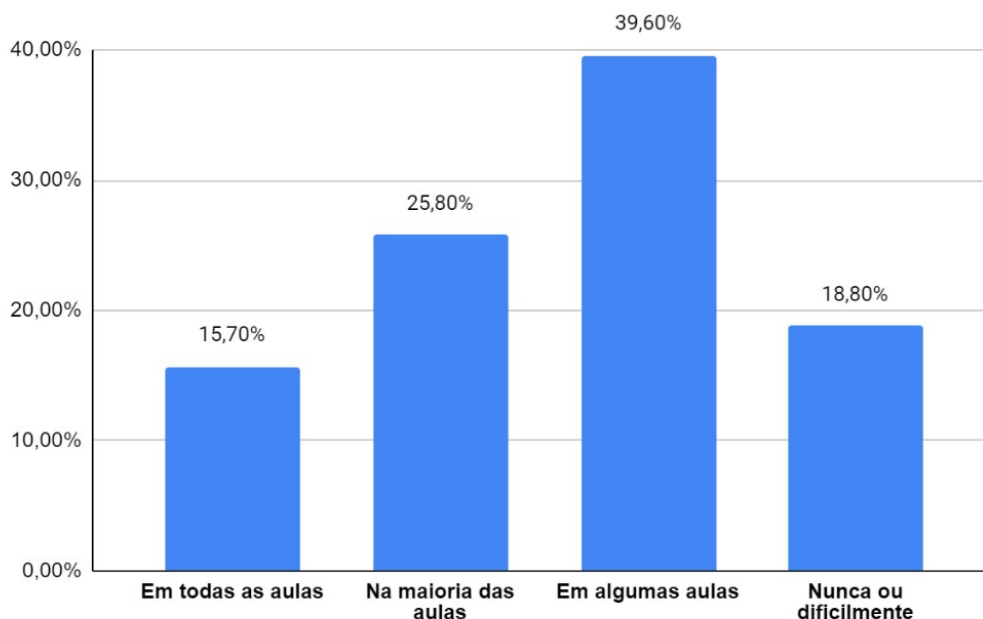
**Tabela 2** - Medidas de tendência e de variabilidade das oito variáveis selecionadas que compõem a base de dados de interesse.

|                             | D1    | C1    | C2    | C3    | C4    | C5    | C6    | C7    |
|-----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| <b>Média</b>                | 2.61  | 2.63  | 2.25  | 2.51  | 2.87  | 3.10  | 3.02  | 3.01  |
| <b>Erro-padrão da Média</b> | .008  | .007  | .007  | .007  | .008  | .007  | .007  | .008  |
| <b>Mediana</b>              | 3     | 3     | 2     | 2     | 3     | 3     | 3     | 3     |
| <b>Desvio-padrão</b>        | .963  | .850  | .862  | .851  | .878  | .797  | .816  | .903  |
| <b>Variância</b>            | .927  | .723  | .742  | .724  | .772  | .635  | .667  | .815  |
| <b>Intervalo</b>            | 3     | 3     | 3     | 3     | 3     | 3     | 3     | 3     |
| <b>Mínimo</b>               | 1     | 1     | 1     | 1     | 1     | 1     | 1     | 1     |
| <b>Máximo</b>               | 4     | 4     | 4     | 4     | 4     | 4     | 4     | 4     |
| <b>Contagem</b>             | 13916 | 13929 | 13588 | 13565 | 13597 | 13617 | 13551 | 13502 |

Fonte: elaboração própria através dos dados do PISA 2015.

Após a apresentação das tendências de distribuição e variabilidade, segue-se a apresentação as frequências observadas para a variável independente. A minoria dos estudantes brasileiros respondeu que possuem a maioria ou todas aulas de Ciências pautadas em didáticas investigativas, enquanto boa parte dos estudantes brasileiros têm poucas oportunidades de aprendizagem de conceitos científicos a partir do Ensino por Investigação, como pode ser observado no gráfico 1 abaixo.

**Gráfico 1** – Frequências das respostas para a questão “Quando está aprendendo Ciências na escola: Pede-se aos estudantes que realizem uma investigação para testar ideias”.



Fonte: elaboração própria através dos dados do PISA 2015.

As respostas de estudantes que realizaram investigação em todas as aulas compreendem 15.7%; que realizaram na maioria das aulas compreendem 25.8%; que realizaram apenas em algumas aulas compreendem 39.6%; e que não tiveram aulas de Ciências com a realização de uma investigação compreendem 18.8%. A minoria dos estudantes brasileiros respondeu que possuem a maioria ou todas aulas de Ciências pautadas em didáticas investigativas, enquanto boa parte dos estudantes brasileiros têm poucas oportunidades de aprendizagem de conceitos científicos a partir do Ensino de Ciências por Investigação.

As aulas de Ciências têm sido predominantemente expositivas, nas quais os estudantes assumem um papel passivo no processo de ensino e aprendizagem. Nesse sentido, os estudantes tendem a esperar respostas quando confrontados com assuntos científicos e/ou ambientais, tornando-se cada vez menos capazes de fazer perguntas e, conseqüentemente, sem autonomia de aprendizagem e noção do caráter coletivo da atividade científica e de suas repercussões sociais (POZO; CRESPO, 2009). Dessa forma, deve-se promover uma didática das Ciências baseadas em investigações conduzidas pelos estudantes pois sua eficácia na aprendizagem conceitual é fortemente evidenciada, conforme revisão sistemática de literatura sobre o tema de Minner, Levi e Century (2010).

Foi realizada a análise de confiabilidade ( $\alpha$  de Cronbach) tendo em vista a construção do índice de conhecimento ambiental através de determinadas

problemáticas ambientais. A análise demonstrou resultados satisfatórios (LANDIS; KOCH, 1977), na qual o índice de conhecimento ambiental teve confiabilidade de  $\alpha = .89$ . A confiabilidade também é satisfatória para cada um dos itens que compõem esse índice, uma vez que excluindo apenas a variável C2 poderia se ter um aumento mínimo do  $\alpha$  de Cronbach. Portanto, evidenciou-se a existência dessa medida de confiabilidade do questionário na amostra escolhida para o presente trabalho, conforme pode ser visto na tabela 3 abaixo. Logo, a hipótese 1 foi confirmada.

**Tabela 3 – Estatísticas de cada item da escala de conhecimentos ambientais.**

| Identificação da variável | $\alpha$ de Cronbach se o item fosse deletado |
|---------------------------|-----------------------------------------------|
| C1                        | .881                                          |
| C2                        | .903                                          |
| C3                        | .889                                          |
| C4                        | .874                                          |
| C5                        | .874                                          |
| C6                        | .875                                          |
| C7                        | .879                                          |

Fonte: elaboração própria adaptada da saída no software *IBM SPSS Statistics 25*

Assegurada a confiabilidade e consistência interna do questionário analisado, procedeu-se com a Análise de Componentes Principais (ACP). No processo de análise fatorial por ACP, foi realizado o teste para verificar o critério de Kaiser-Meyer-Olkin da correlação entre as variáveis, com resultado de .904, o que indica um resultado totalmente aceitável (KAISER, 1974), evidenciando que as setes variáveis estão mensurando o mesmo fenômeno. Ou seja, a amostra utilizada é apropriada para a aplicação da análise fatorial.

O teste de esfericidade de Bartlett's examina a hipótese de que as variáveis não são correlacionadas, ou seja, aponta a ausência de associação linear entre as variáveis estudadas uma vez que a matriz de correlação populacional é igual à matriz identidade. O resultado desse teste, que indica a significância, também demonstrou um valor altamente significativo de  $p = 0,000$  ( $df = 21$ , para  $p < 0,05$ ), ou seja, rejeita-se a hipótese nula uma vez que o valor de  $p$  baixo indicou correlação

entre as variáveis de conhecimentos ambientais, reforçando a adequação do método estatístico escolhido.

Os valores de comunalidades expressos na tabela 4 a seguir demonstram que os escores fatoriais extraídos possuem grandes valores para tratamentos estatísticos posteriores. A única exceção se aplica à variável C2, cujo escore fatorial é de .378. Uma possível explicação é que a média e as porcentagens das frequências (média “2”; percentagem cumulativa de respostas “1” e “2” de 64.5%) de respostas apontam que os estudantes brasileiros não tem muito conhecimento e/ou não sabem explicar bem esse problema ambiental, diferente do que pode ser visto para as outras problemáticas ambientais. Ainda, os estudantes brasileiros podem não ter uma concepção consolidada do que são organismos geneticamente modificados.

**Tabela 4** – Comunalidade de cada item do questionário sobre conhecimentos ambientais antes e após extração através de Análise de Componentes Principais.

| Identificação da variável | Inicial | Extração |
|---------------------------|---------|----------|
| <b>C1</b>                 | 1.000   | .623     |
| <b>C2</b>                 | 1.000   | .378     |
| <b>C3</b>                 | 1.000   | .541     |
| <b>C4</b>                 | 1.000   | .718     |
| <b>C5</b>                 | 1.000   | .736     |
| <b>C6</b>                 | 1.000   | .724     |
| <b>C7</b>                 | 1.000   | .670     |

Fonte: Elaboração própria adaptada da saída no software *IBM SPSS Statistics 25*

Antes de prosseguir com a ACP, verificou-se a matriz de correlações anti-imagem que, em sua diagonal principal, fornece o índice de Medida de Adequação da Amostra (*Measure of Sampling Adequacy* - *MSA*). Segundo Fávero e colaboradores (2009), os valores encontrados devem estar entre 0 e 1, atingindo o limite de 1 quando cada variável é significativamente prevista sem erro pelas outras variáveis. De acordo com Hair e colaboradores (2009), valores acima de 0,6 são regulares, sendo recomendáveis aqueles acima de 0,8. Conforme observado na tabela 5 abaixo, a matriz de correlações anti-imagem apresentou, em sua diagonal

principal, valores acima de 0.8, representando resultado significativo que corroborou com o andamento da ACP.

**Tabela 5** - Matriz de correlações anti-imagem, com os valores do índice Medida de Adequação de Amostra em destaque.

| Variáveis | C1          | C2          | C3          | C4          | C5          | C6          | C7          |
|-----------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| <b>C1</b> | <b>.924</b> | -.273       | -.147       | -.175       | -.111       | -.062       | -.116       |
| <b>C2</b> | -.273       | <b>.882</b> | -.254       | -.079       | .057        | -.007       | -.044       |
| <b>C3</b> | -.147       | -.254       | <b>.924</b> | -.199       | -.053       | -.072       | -.029       |
| <b>C4</b> | -.175       | -.079       | -.199       | <b>.926</b> | -.259       | -.132       | -.140       |
| <b>C5</b> | -.111       | .057        | -.053       | -.259       | <b>.873</b> | -.460       | -.215       |
| <b>C6</b> | -.062       | -.007       | -.072       | -.132       | -.460       | <b>.878</b> | -.285       |
| <b>C7</b> | -.116       | -.044       | -.029       | -.140       | -.215       | -.285       | <b>.927</b> |

Fonte: Elaboração própria adaptada da saída no software *IBM SPSS Statistics 25*.

Como pode ser observado, a ACP evidenciou um autovalor superior a “1” apenas para um componente (Autovalor do Componente 1 = 4.390). Sendo assim, não foi possível a realização da rotação, deixando claro que as sete variáveis sobre conhecimentos ambientais sobre diferentes problemáticas ambientais podem ser explicadas por apenas um componente. Portanto, o componente principal 1 resume efetivamente a variância amostral total e pode ser utilizada para o estudo do conjunto de dados, uma vez que explica 62% dessa variância amostral total.

Segundo Hair e colaboradores (2009), sugere-se o patamar de 60% como aceitável nas Ciências Humanas e Sociais para a variância total explicada dos componentes extraídos. Observa-se que as comunalidades mais acentuadas foram das variáveis C5, C4 e C6, respectivamente (Poluição do Ar, derrubada de florestas/outro uso da terra/ e extinção de plantas e animais), denomina-se o Componente Principal 1 como Componente de Conhecimentos Ambientais (Poluição e Extinção).

Em outras palavras, a escala dos escores fatoriais também representa as dimensões latentes (constructos) que resumem ou explicam o conjunto original de variáveis observadas, à medida que o Componente Principal de Conhecimentos Ambientais representa a adequação das variáveis em apenas um constructo teórico.

Logo, a hipótese 2 foi confirmada. A tabela 6 a seguir apresenta os autovalores resultantes da ACP.

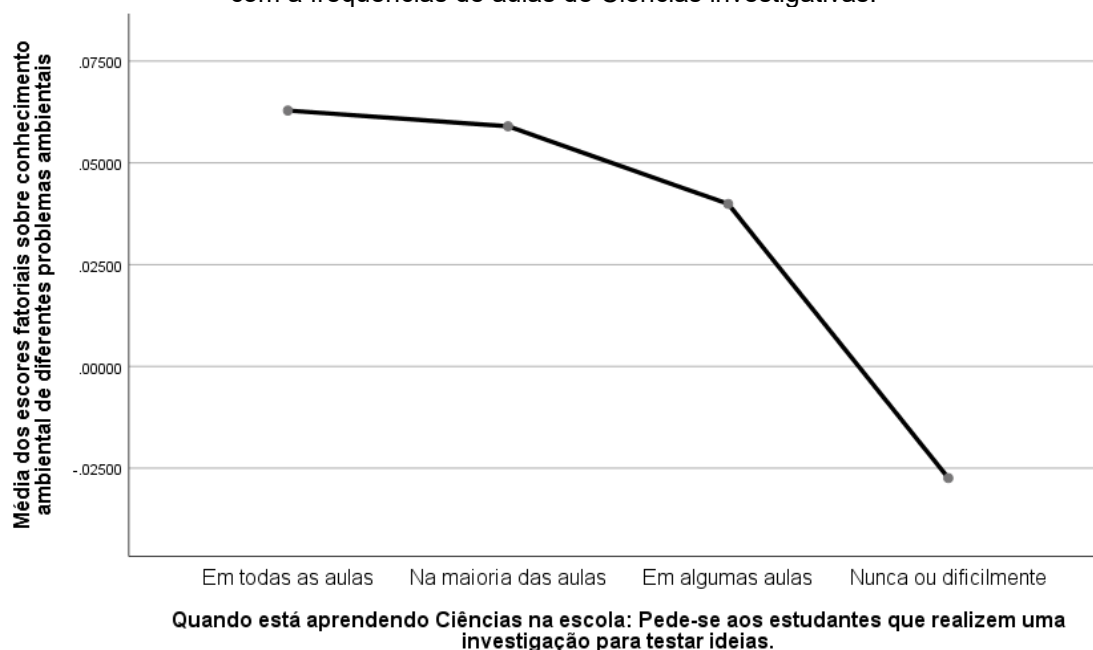
**Tabela 6** - Autovalores iniciais de cada item e soma das cargas fatoriais ao quadrado após extração através de Análise de Componentes Principais.

| Componente | Autovalores Iniciais |                          |                        | Extração da Soma das Cargas Fatoriais ao Quadrado |                          |                        |
|------------|----------------------|--------------------------|------------------------|---------------------------------------------------|--------------------------|------------------------|
|            | Total                | Porcentagem de Variância | Porcentagem Cumulativa | Total                                             | Porcentagem de Variância | Porcentagem Cumulativa |
| <b>C1</b>  | 4.390                | 62.712                   | 62.712                 | 4.390                                             | 62.712                   | 62.712                 |
| <b>C2</b>  | .850                 | 12.149                   | 74.861                 | -                                                 | -                        | -                      |
| <b>C3</b>  | .486                 | 6.945                    | 81.806                 | -                                                 | -                        | -                      |
| <b>C4</b>  | .415                 | 5.936                    | 87.742                 | -                                                 | -                        | -                      |
| <b>C5</b>  | .343                 | 4.900                    | 92.642                 | -                                                 | -                        | -                      |
| <b>C6</b>  | .307                 | 4.386                    | 97.028                 | -                                                 | -                        | -                      |
| <b>C7</b>  | .208                 | 2.972                    | 100.000                | -                                                 | -                        | -                      |

Fonte: Elaboração própria adaptada da saída no software *IBM SPSS Statistics 25*.

Diante do exposto, avança-se para o resultado das inferências estatísticas através da ANOVA de uma via. Considerando esse resultado, realizou-se o Teste de Welch para corrigir a ANOVA para amostra com heterogeneidade de variância (LIU, 2015). Nesse sentido, obteve-se resultado de  $p = 0,00$  (para  $p > 0,05$ ), ou seja, aceita-se a hipótese alternativa de que as médias não são iguais, existindo pelo menos uma diferença entre os grupos analisados pela variável independente D1. Sendo assim, a hipótese 3 foi confirmada. As diferentes médias podem ser visualizadas no gráfico 2 a seguir.

**Gráfico 2** – Médias dos níveis de conhecimento ambiental de cada grupo de estudantes, de acordo com a frequência de aulas de Ciências investigativas.



Fonte: Elaboração própria adaptada da saída no software *IBM SPSS Statistics 25*.

O teste de post hoc de Games-Howell é o mais adequado para a ANOVA de uma via de Welch, considerando o intervalo de confiança de 95%. Os resultados das múltiplas comparações entre os grupos analisados pela variável independente D1 e suas médias de nível de conhecimento ambiental sobre diferentes temáticas ambientais através dos seus escores fatoriais pode ser visto na tabela 7 a seguir.

**Tabela 7** – Comparações múltiplas das médias dos níveis de conhecimento ambiental sobre diferentes problemáticas ambientais por teste post hoc de Games-Howell.

| Variável independente D1: “Quando está aprendendo Ciências na escola: Pede-se aos estudantes que realizem uma investigação para testar ideias”. |                       | Diferença da Média (I-J) | Erro-Padrão | P (Sig.) |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|--------------------------|-------------|----------|
| Grupo (I)                                                                                                                                       | Grupo (J)             |                          |             |          |
| Em todas as aulas                                                                                                                               | Na maioria das aulas  | .14938895*               | .02351626   | .000     |
|                                                                                                                                                 | Em algumas aulas      | .24202224*               | .02421890   | .000     |
|                                                                                                                                                 | Nunca ou dificilmente | .33973059*               | .03879096   | .000     |
| Na maioria das aulas                                                                                                                            | Em todas as aulas     | -.14938895*              | .02351626   | .000     |
|                                                                                                                                                 | Em algumas aulas      | .09263329*               | .02260338   | .000     |

|                              |                              |             |           |      |
|------------------------------|------------------------------|-------------|-----------|------|
|                              | <b>Nunca ou dificilmente</b> | .19034165*  | .03780338 | .000 |
| <b>Em algumas aulas</b>      | <b>Em todas as aulas</b>     | -.24202224* | .02421890 | .000 |
|                              | <b>Na maioria das aulas</b>  | -.09263329* | .02260338 | .000 |
|                              | <b>Nunca ou dificilmente</b> | .09770836   | .03824443 | .052 |
| <b>Nunca ou dificilmente</b> | <b>Em todas as aulas</b>     | -.3397059   | .03879096 | .000 |
|                              | <b>Na maioria das aulas</b>  | -.19034165* | .03780338 | .000 |
|                              | <b>Em algumas aulas</b>      | -.09770836  | .03824443 | .052 |

Fonte: Elaboração própria adaptada da saída no software *IBM SPSS Statistics 25*.

\*A diferença média entre grupos no nível de confiança de 95%.

A ANOVA de uma via de Welch mostrou que há diferença das médias do nível de conhecimento ambiental sobre diferentes temáticas ambientais de acordo com a quantidade de aulas investigativas de Ciências que estudantes brasileiros são expostos [ $F(3, 3862.428) = 44.286, p = 0,000$ ]. O teste post hoc de Games-Howell mostrou que estudantes que em todas, na maioria ou em algumas as aulas de Ciências são colocados para conduzir investigações apresentam médias superiores de níveis de conhecimento ambiental sobre diferentes temáticas ambientais, apresentando diferenças dessas médias entre cada um desses grupos. Isso rejeita parcialmente a hipótese 3.1.

Ainda, não houve diferença entre as médias desses níveis de conhecimento ambiental entre os estudantes que nunca ou dificilmente tiveram aulas investigativas de Ciências em comparação com os estudantes que tiveram apenas algumas aulas investigativas de Ciências. Os resultados sugerem o potencial que o ensino de ciências por investigação tem para a construção do conhecimento ambiental de estudantes brasileiros, desde que as aulas sobre conceitos científicos relacionados a temáticas ambientais permitam que os estudantes conduzam investigações sobre o conteúdo dos processos de ensino e aprendizagem. Apesar da literatura da área apontar algumas evidências (HUMMEL; RANDLER, 2012; MINNER; LEVI; CENTURY, 2010), ainda é necessário modelos estatísticos mais elaborados para confirmar essa causalidade com os dados utilizados no presente estudo.

Nesse sentido, reforça-se a necessidade de proporcionar momentos pedagógicos e materiais didáticos que possibilitam aos estudantes o envolvimento de seus conhecimentos prévios, desenvolverem ideias próprias e debaterem com os

colegas de classe, apropriando-se do conhecimento científico construído (CARVALHO, 2013). Entende-se que o ensino de ciências por investigação é um pressuposto didático capaz de permitir que os estudantes possam compreender que as ciências não são a natureza, mas possibilita uma explicação dos diferentes fenômenos que são observáveis na natureza, especificamente sobre problemas ambientais, que exigem processos de ensino e aprendizagem que contemple as relações de interdependência dos seres vivos e ambientais, tornando os conteúdos de ciências integrados, relevantes e contextualizados (CARVALHO, 2013; SCARPA, SILVA, 2013).

Esse entendimento é de consenso na literatura científica, na medida em que momentos pedagógicos que enfatizam o pensamento ativo e a conclusão de ideias a partir de dados possuem maior eficácia na aprendizagem conceitual do que estratégias de ensino baseadas no ensino tradicional, onde os estudantes assumem uma posição passiva de aprendizagem (MINNER, LEVY e CENTURY, 2010). As pesquisas na área do ensino têm mostrado a influência positiva no ganho de conhecimento que o uso de animais como recursos didáticos, trabalho em grupo e manuseio desses recursos didáticos em experimentos para a aquisição de conhecimento e mudanças de atitudes (LOU et al, 1996; RANDLER; BOGNER, 2002; AUTOR; AUTORES, 2018), além do aumento do interesse e motivação durante o processo de ensino e aprendizagem (RANDLER; ILG; KERN, 2005; HUMMEL; RANDLER, 2012). Logo, todas essas opções didáticas têm potencial para serem consideradas no planejamento de uma investigação durante as aulas de ciências.

Em relação aos dados de estudantes brasileiros do PISA 2015 analisados pelo presente trabalho, os resultados corroboram com a literatura ao evidenciar essa correlação positiva entre o ensino de ciências por investigação e o nível de conhecimento ambiental de estudantes (COERTJENS et al., 2010). Os currículos escolares e professores devem estar cientes desse potencial e, quando possível, executar essa metodologia didática em suas aulas de ciências, dando significado aos conhecimentos científicos ensinados, incluindo aqueles relacionados à problemas socioambientais.

Por fim, ressalta-se a importância de indicadores como o PISA para um conhecimento amplo de diferentes aspectos da realidade escolar, bem como de sua

importância para a formulação de políticas educacionais. Os dados analisados pelo presente artigo corroboram para levantar informações relevantes sobre a realidade do ensino de ciências e do nível de conhecimento ambiental dos estudantes brasileiros.

### **Considerações finais**

O presente trabalho teve como objetivo realizar processos de inferências estatísticas sobre as variáveis de conhecimento ambiental e de aulas investigativas de Ciências a partir da base de dados compostos pelos resultados da aplicação do PISA 2015, com enfoque para os dados de estudantes brasileiros.

As limitações desse trabalho decorrem da aplicação das ferramentas estatísticas empregadas, considerando que as variáveis em questão apresentam distribuição heterogênea, bem como o tamanho das amostras utilizadas serem diferentes para cada grupo de estudantes no escopo da variável independente D1. Por constituírem dados não paramétricos, é pertinente a utilização de inferências estatísticas direcionadas para essa característica das observações (por exemplo, teste de Kruskal-Wallis), ou mesmo a transformação dos dados para se adequarem apropriadas a todos os pressupostos dos testes paramétricos.

No entanto, a opção pelo uso de Análise de Componentes Principais para as variáveis de conhecimentos ambientais e posterior utilização dos escores fatoriais na ANOVA de uma via de Welch teve como objetivo controlar os consequentes possíveis erros estatísticos. Deste modo, modelos estatísticos mais complexos, como por exemplo, Modelos Lineares Generalizados, podem aprofundar a investigação sobre a causalidade entre as variáveis utilizadas no presente estudo.

Em relação à base de dados utilizada, outras variáveis disponibilizadas pela aplicação do PISA 2015 sobre Ensino de Ciências por Investigação podem ser agregadas, visando um maior potencial explicativo dessa relação com os conhecimentos ambientais. Além disso, recomenda-se o aprofundamento através de estudos qualitativos, que têm a capacidade de detalhar a realidade escolar e verificar os dados apresentados pelo PISA, que é um estudo quantitativo, mais abrangente, mas menos detalhado do cotidiano das escolas.

Por fim, conforme as análises e literatura da área apresentadas nesse estudo, ressalta-se o papel do ensino ativo na potencialização dos conhecimentos adquiridos na escola, especificamente o Ensino de Ciências por Investigação e sua relação com os conhecimentos ambientais, que são alternativas potenciais para a superação do ensino e aprendizagem memorísticos e passivos.

## **Agradecimentos**

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – CÓDIGO DE FINANCIAMENTO 001.

## **Referências**

AULER, Décio. Alfabetização Científico-tecnológica: um novo “Paradigma”? Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências. Belo Horizonte: v.5, n.1, 2003.

AUTOR. Título. 2019. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências) – Instituto de Ciências Básicas e da Saúde, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Acesso em: 13 dez. 2020.

AUTORES. Título. Experiências em Ensino de Ciências, V.13, No.1, 2018. Disponível em: <[http://if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo\\_ID472/v13\\_n1\\_a2018.pdf](http://if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo_ID472/v13_n1_a2018.pdf)> Acesso em: 30 nov. 2020.

CARVALHO, Anna Maria Pessoa. O ensino de ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas. In: (Org.) CARVALHO, A.M.P. Ensino de ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula. São Paulo: Cengage Learning, 2013, 152p.

CARVALHO, Anna Maria Pessoa. Fundamentos Teóricos e Metodológicos do Ensino por In-vestigação. Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, [S. l.], v. 18, n. 3, p. 765–794, 2018. DOI: 10.28976/1984-2686rbpec2018183765. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4852>.

COERTJENS, Liesje; BOEVE-DE PAUW, Jelle; DE MAEYER, Sven; VAN PETEGEM, Peter. Do schools make a difference in their students’ environmental attitudes and awareness? Evidence from PISA 2006. Em: International Journal of Innovation in Science and Mathematics, v.9, pp. 497-522, 2010.

FÁVERO, Luiz Paulo Lopes; BELFIORE, Patrícia Prado; SILVA, Fabiana Lopes da; CHAN, Betty Lilian. Análise de dados: modelagem multivariada para tomada de decisões. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.

HAIR JR., Joseph F.; ANDERSON, Rolph E.; TATHAM, Ronald L.; BLACK, Willian C. Análise multivariada de dados. 6. ed. Maria Aparecida Gouvêa Adonai Schlup Sant'Anna (Trad.). Porto Alegre: Bookman, 2009.

HUMMEL, Eberhard; RANDLER, Christoph. Living Animals in the Classroom: A Meta-Analysis on Learning Outcome and a Treatment–Control Study Focusing on Knowledge and Motivation. Em: Journal of Science Education and Technology, v. 21, pp. 95-105, 2012. <https://doi.org/10.1007/s10956-011-9285-4>

IPCC. Summary for Policymakers. In Global Warming of 1.5 °C. An IPCC Special Report on the Impacts of Global Warming of 1.5 °C above Pre-Industrial Levels and Related Global Greenhouse Gas Emission Pathways, in the Context of Strengthening the Global Response to the Threat of Climate Change, Sustainable Development, and Efforts to Eradicate Poverty. Masson-Delmotte, V., Zhai, P., Pörtner, H.-O., Roberts, D., Skea, J., Shukla, P.R., Pirani, A., Moufouma-Okia, W., Péan, C., Pidcock, R., et al., Eds.; World Meteorological Organization: Geneva, Switzerland, 2018.

KAISER, Henry. An index of factorial simplicity. Psychometrika 39, 31–36, 1974. <https://doi.org/10.1007/BF02291575>.

KOLLMUSS, Anja; AGYEMAN, Julian. Mind the Gap: Why do people act environmentally and what are the barriers to pro-environmental behavior? Em: Environmental Education and Research, v.8, pp. 239–260, 2002. <https://doi.org/10.1080/13504620220145401>

HANDMER, J., Y; HONDA, Z.W; KUNDZEWICZ, N. ET AL. Changes in impacts of climate extremes: human systems and ecosystems. In: Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation [Field, C.B., V. Barros, T.F. Stocker, D. et al. (eds.)]. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, NY, USA, pp. 231-290, 2012;

LANDIS, J. Richard.; KOCH, Gary G. The measurement of observer agreement for categorical data. Ed. Biometrics, pp. 33-159, 1977. <https://doi.org/10.2307/2529310>

LEFF, Enrique. Aventuras da epistemologia ambiental: da articulação das ciências ao diálogo de saberes. São Paulo: Cortez, 2012.

List, M.K.; Schmidt, F.T.C.; Mundt, D.; Föste-Eggers, D. Still Green at Fifteen? Investigating Environmental Awareness of the PISA 2015 Population: Cross-National Differences and Correlates. Sustainability, 2020, 12, 2985. <https://doi.org/10.3390/su12072985>

LIU, Hangcheng. Comparing Welch's ANOVA, a Kruskal-Wallis test and traditional ANOVA in case of Heterogeneity of Variance. Mestrado em Bioestatística, Universidade da Virgínia. 48pp., 2015.

LOU, Yiping; ABRAMI; Phillip C.; SPENCE, John C.; POULSEN, Catherine; et al. Within-class Grouping: A Meta-Analysis. Em: Review of Educational Research, v. 66, pp. 423– 458, 1996.

MINNER, Daphne D.; LEVY, Abigail J.; CENTURY, Jeanne. Inquiry-based science instruction—what is it and does it matter? Results from a research synthesis years 1984 to 2002. Journal of Research in Science Teaching, 47: 474-496, 2010. <https://doi.org/10.1002/tea.20347>

OECD. Green at Fifteen? How 15-Year-Olds Perform in Environmental Science and Geoscience in PISA 2006; OECD: Paris, France, 2009.

\_\_\_\_\_. PISA 2015 Assessment and Analytical Framework: Science, Reading, Mathematic, Financial Literacy and Collaborative Problem Solving; OECD: Paris, France, 2017a.

\_\_\_\_\_. PISA 2015 Technical Report; OECD: Paris, France, 2017b.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A EDUCAÇÃO, A CIÊNCIA E A CULTURA [UNESCO]. Education for Sustainable Development Goals: Learning Objectives; UNESCO: Paris, France, 2017.

POZO, Juan Ignacio; CRESPO, Manuel Gómez. A aprendizagem e o ensino de ciências: do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico. FREITAS, Naila (Trad.). 5ed. Artmed, Porto Alegre. 296p, 2009.

PRODANOV, Cleber C.; FREITAS, Ernani C. Metodologia do Trabalho Científico: Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico. 2. ed. Novo Hamburgo-RS: FEE-VALE, 2013.

RANDLER, Christoph; BOGNER, Franz. Comparing methods of instruction using bird species identification skills as indicators. Journal of Biological Education, 36/4,2–9, 2002.

RANDLER, Christoph; ILG, Angelika; KERN, Janina. Cognitive and Emotional Evaluation of an Amphibian Conservation Program for Elementary School Students, The Journal of Environmental Education, 37:1, 43-52, 2005. <https://doi.org/10.3200/JOEE.37.1.43-52>

SCARPA, Daniela Lopes; SILVA, Máira Batistoni. A Biologia e o ensino de Ciências por investigação: dificuldades e possibilidades. In: (Org.) CARVALHO, A.M.P. Ensino de ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula. São Paulo: Cengage Learning, 2013, 152p.

UNDRR. United Nations Office for Disaster Risk Reduction. Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction. Geneva, Switzerland, 2019;

VILLAYERDE, Adão; SANTANA, Alex; LUCE, Bruno et al. Tipos de pesquisa quanto à abordagem. Em: Fundamentos teóricos e metodológicos da pesquisa em Educação em Ciências. Vol. 1 / [org.] Jeferson Rosa Soares... [et al.]. – 1.ed. – Curitiba, PR: Bagai, pp.28-39, 2021.

Publicado na Revista Vozes dos Vales - [www.ufvjm.edu.br/vozes](http://www.ufvjm.edu.br/vozes) em: 05/2022

Revista Científica Vozes dos Vales - UFVJM - Minas Gerais - Brasil

[www.ufvjm.edu.br/vozes](http://www.ufvjm.edu.br/vozes)

QUALIS/CAPES - LATINDEX: 22524

ISSN: 2238-6424