

Avaliação do desenvolvimento de habilidades relacionadas à estratégia de controle de variáveis por alunos do ensino médio

Assessment of the development of skills related to variable control strategy by high school students

Alessandro Damásio Trani Gomes¹

Resumo

Este trabalho investiga o desenvolvimento das habilidades de identificar testes experimentais adequados e consistentes, bem como rejeitar testes inconsistentes, por estudantes do ensino médio ao longo de um ano letivo. Durante esse período, os alunos realizaram diversas atividades práticas em laboratório, integradas ao currículo. Participaram da pesquisa 250 estudantes do 1º ano do ensino médio de uma escola pública federal, os quais responderam a um instrumento de pesquisa no início e no final do ano letivo. A comparação dos resultados revela uma diferença estatisticamente significativa, indicando uma evolução das habilidades dos alunos relacionadas às estratégias de controle de variáveis. A partir dos resultados obtidos, discutem-se as implicações educacionais e propõem-se novas questões de pesquisa. **Palavras chave:** atividades práticas; estratégias de controle de variáveis; ensino médio; educação em ciências.

Abstract

This study investigates the development of skills in identifying appropriate and consistent experimental tests, as well as rejecting inconsistent tests, among high school students over the course of an academic year. During this period, the students engaged in various hands-on laboratory activities within the curriculum. The research involved 250 first-year high school students from a federal public school, who answered a research instrument at the beginning and end of the academic year. The comparison of results reveals a statistically significant difference, indicating an improvement in students' skills related to variable control strategies. Based on our findings, we discuss educational implications and propose further research questions.

Keywords: practical activities; control of variables strategy; high school; science education.

¹ Universidade Federal de São João del-Rei | alessandrogomes@ufsj.edu.br

Introdução

É praticamente consenso a inexistência do conhecido 'método científico' único, padronizado e bem estabelecido, espécie de algoritmo infalível a guiar a investigação científica (Maximillia; Schwantes, 2019). Apesar disso, pesquisadores em Filosofia da Ciência, em geral, concordam que há uma série de características, habilidades e atitudes comuns entre as atividades de diversas áreas, não excluindo, entretanto, as particularidades e singularidades que determinam procedimentos específicos da metodologia científica, ajustados conforme a área, natureza e o objetivo da atividade desenvolvida.

O controle de variáveis se refere a uma das habilidades básicas mobilizadas em pesquisa científica, experimentação e muitos outros campos, a fim de garantir que os resultados de um experimento ou estudo sejam confiáveis, precisos e significativos. O objetivo principal do controle de variáveis é isolar e manipular uma variável específica, enquanto mantém todas as outras constantes, de modo que qualquer efeito observado possa ser atribuído à variável que está sendo testada.

Para Schwichow, Osterhaus e Edelsbrunner (2020), o controle de variáveis é uma habilidade interdisciplinar utilizada para configurar experimentos e interpretar dados empíricos sobre relações causais, sendo crucial para todas as áreas da ciência. A lógica de controle de variáveis não se baseia em nenhum conhecimento disciplinar, pois está relacionada à ideia geral de causalidade e não a modelos ou métodos disciplinares específicos.

Argumentando sobre a importância de se desenvolver a habilidade de controlar variáveis, Chen e Klahr afirmam que "sua aquisição é um importante passo no desenvolvimento das habilidades referentes ao pensamento científico pois sua devida utilização fornece uma forte restrição na busca no campo da experimentação" (Chen; Klahr, 1999, p. 1098).

Segundo Borges e Gomes (2005), um teste é adequado quando a variável, cujo efeito deseja-se conhecer, é tomada como variável independente. O teste é consistente quando apenas uma variável independente se modifica entre duas ou mais repetições do teste experimental, sendo que todas as demais variáveis são mantidas inalteradas. Sendo assim, este trabalho busca responder as seguintes questões:

- 1) Os alunos ingressantes do ensino médio dominam as habilidades de reconhecer testes experimentais adequados e consistentes e de rejeitar testes inconsistentes?
- 2) Essas habilidades se desenvolvem ao longo de um ano letivo, após a realização de uma sequência de atividades práticas diversas?

A habilidade de identificar as variáveis a serem investigadas e adotar estratégias adequadas para controlá-las é um dos indicadores do nível de sofisticação do pensamento científico dos estudantes (Zimmerman, 2007). Pesquisas indicam que parte dos indivíduos não compreendem adequadamente a ideia de controlar variáveis até chegarem à fase adulta (Kuhn, 2007; Peteranderl; Edelsbrunner, 2020), sendo que até mesmo quando adultos podem ter dificuldades ao lidarem com configurações experimentais (Bullock; Sodian; Koerber, 2009; Zimmerman; Klahr, 2018). Esta pesquisa se torna necessária, portanto, para que se possam encontrar meios de ajudá-los a desenvolver um entendimento sólido sobre os principais aspectos que envolvem a atividade científica, principalmente o reconhecimento e a implementação de testes experimentais adequados e consistentes.

Controle de variáveis

Autores defendem que até mesmo crianças, já na educação infantil, devam ser capazes de “planejar e conduzir investigações [...] baseadas em testes adequados (p.5)”, que estudantes do ensino fundamental consigam “identificar variáveis independente e dependente e controlá-las (p. 55) e que alunos do ensino médio tenham a oportunidade de “construir e revisar explicações baseados em evidências válidas e confiáveis (p. 75)” (NRC, 2012).

Siler e Klahr (2012) propõem quatro regras consecutivas para se configurar um teste adequado e consistente. Primeiramente, identifique a variável independente e possíveis valores que esta possa assumir para os quais um efeito causal sobre a variável dependente deva ser investigado. Segundo, estabeleça pelo menos duas condições que difiram dos valores dessa variável independente. Terceiro, mantenha todas as outras variáveis com valores constantes. Quarto, execute o experimento e observe (se houver) as diferenças na variável dependente entre as duas condições.

Chen e Klahr ampliam a compreensão de estratégias de controle de variáveis (ECV) em termos procedimentais e lógicos:

Procedimentalmente, ECV é um método para criar experimentos nos quais é feita uma única comparação entre as condições experimentais. A estratégia completa envolve não apenas a criação de tais comparações, mas também a capacidade de distinguir entre experimentos conclusivos e não conclusivos. Os aspectos lógicos do ECV incluem a habilidade de fazer inferências apropriadas a partir dos resultados de experimentos conclusivos, bem como uma compreensão da indeterminação inerente a experimentos não conclusivos. Em resumo, o ECV é a ideia fundamental subjacente ao design de experimentos conclusivos dos quais podem ser feitas inferências causais válidas (Chen; Klahr, 1999, p. 1098).

Após uma revisão da literatura, Schwichow, Brandenburger e Wilbers (2022) afirmam que, no geral, há oito concepções em relação à ECV, as quais conduzem a cinco erros na configuração experimental: (i) configurar experimentos inconsistentes; (ii) configurar experimentos consistentes, mas inadequados; (iii) comparar experimentos não contrastantes; (iv) configurar apenas uma condição experimental (sem contraste); e (v) configurar experimentos inconsistentes, nos quais se mantém a variável foco constante e variam todas as demais (similar à estratégia *'hotat'*, identificada por Tschirgi (1980).

Configurar e interpretar experimentos adequados e consistentes são habilidades científicas importantes, pois permitem que os alunos conduzam suas próprias investigações informativas. A lógica que permeia os experimentos consistentes é relevante para a argumentação e o raciocínio sobre a causalidade, tanto na ciência quanto na vida cotidiana, pois inclui a compreensão da imprecisão das evidências provenientes de experimentos inconsistentes e a consequente valorização dos testes experimentais controlados (Kuhn, 2005; Schwichow; Brandenburger; Wilbers, 2022).

Schwichow e colaboradores (2016) propõem que a devida compreensão de ECV inclui quatro sub-habilidades: (i) planejar experimentos consistentes; (ii) identificar experimentos consistentes e saber diferenciá-los dos inconsistentes; (iii) interpretar os resultados de experimentos consistentes; e (iv) compreender que apenas inferências inconclusivas podem ser alcançadas a partir de resultados de experimentos inconsistentes.

O domínio de estratégias adequadas de controle de variáveis é um passo importante no desenvolvimento do indivíduo, uma vez que o seu domínio e aplicação propiciam um instrumento robusto para a definição e execução dos procedimentos experimentais. O ato de se controlar variáveis em experimentos está diretamente relacionado à causalidade, pois garante que a variável foco, (cujo efeito se deseja determinar) e nenhuma outra variável, tenha um (suposto) efeito causal. Portanto, os experimentos científicos se baseiam em condições que diferem apenas no que diz respeito aos valores de uma variável na qual o status causal está sob investigação. Todas as demais variáveis independentes devem ser invariáveis. Se os cientistas observarem variações nos valores das variáveis dependentes de tal experimento controlado, poderão concluir que apenas a variável investigada tem efeito sobre a variável dependente.

Aspectos metodológicos

Para avaliar as aprendizagens e a contribuição das diversas atividades realizadas ao longo de todo ano letivo para o desenvolvimento de ECV, realizou-se uma pesquisa longitudinal de natureza quantitativa com delineamento pré-experimental, ou seja, envolvendo apenas um grupo, que foi submetido a um pré-teste, seguido de intervenções pedagógicas e um pós-teste (Moreira, 2011). Em um estudo longitudinal, devem-se ter duas preocupações básicas. A primeira é a adoção de um espaçamento adequado entre as coletas de dados para permitir que as mudanças e os conhecimentos adquiridos pelos indivíduos sejam assimilados e incorporados. A segunda é a utilização, nas possíveis coletas de dados, de instrumentos semelhantes, passíveis de comparação entre si (Gaya; Bruel, 2019).

Participantes e contexto da pesquisa

A coleta de dados ocorreu em uma escola da rede federal de ensino de Belo Horizonte. Dos 261 estudantes matriculados no 1º ano do ensino médio, 250 participaram de pelo menos uma das etapas de coleta de dados da pesquisa. Os estudantes eram divididos em oito turmas com 30 a 34 alunos cada. Quatro professores de física eram responsáveis, cada um, por duas turmas.

Conforme os preceitos éticos recomendados pela Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Educação (ANPED, 2019), a pesquisa foi devidamente autorizada pelo diretor da escola e pelos professores que auxiliariam no processo de coleta de dados. O Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) foi enviado aos pais e/ou responsáveis de todos os alunos participantes. Posteriormente, os alunos entregaram o canhoto do TCLE assinado. A pesquisa também foi detalhada aos alunos antes do processo de coleta de dados. Foram esclarecidos detalhes sobre a justificativa, os objetivos, os métodos, os possíveis riscos e benefícios da pesquisa e, em seguida, colheu-se o assentimento dos alunos. Todos os alunos concordaram em participar.

Na escola em questão, o currículo de física tinha, à época, uma estrutura em espiral e recursiva. Os conteúdos dessa disciplina foram redistribuídos para que pudesse ser apresentada aos alunos uma visão geral de todo o conteúdo de física já no 1º ano do ensino médio. Dessa forma, naquele ano, priorizava-se a introdução das linguagens e códigos da física e eram trabalhados conteúdos no domínio da mecânica (cinemática e leis de Newton), termodinâmica (termologia), eletromagnetismo (circuitos elétricos) e uma breve introdução à

teoria da relatividade e à quantificação da energia. Além disso, o currículo de física tinha um forte apelo experimental, aproveitando-se da estrutura de laboratórios e os recursos disponíveis, em que os alunos realizavam atividades práticas quinzenalmente. Ao longo do ano letivo, foram desenvolvidas 13 atividades no laboratório de física, todas integradas ao currículo normal de física do 1º ano do ensino médio da escola, sem tiveram relação direta com a pesquisa descrita neste trabalho. As atividades envolveram conceitos de mecânica (movimento uniforme e variado, energia, sistema massa-mola e força elástica) e eletricidade (circuitos simples com pilhas e lâmpadas e medição de corrente e tensão em circuitos série e paralelo). As atividades possuíam diversos níveis de abertura e especificação (Borges, 2002) e diferentes objetivos, entre eles: aprender a formular e explicitar suas hipóteses, identificar padrões, aprender como comunicar os resultados da atividade (por meio de relatórios), explorar a relação entre grandezas físicas etc., conforme recomendado por Conceição e Lorenzetti (2023).

É importante ressaltar que não foram desenvolvidas atividades específicas para abordar ECV explicitamente. Em diversas atividades, os alunos tiveram de planejar ou executar procedimentos que envolviam ECV, contudo, não houve uma atividade experimental dedicada exclusivamente ao tema.

Instrumento de pesquisa

Para identificar o domínio de ECV, utilizou-se um teste que avalia a habilidade dos estudantes de reconhecer situações experimentais nas quais ocorre um controle efetivo das variáveis, além da habilidade de rejeitar configurações experimentais quando esse controle não é efetivo. O instrumento foi inspirado em pesquisas anteriores (Chen; Klahr, 1999; Siler; Klahr, 2012). Evidências da sua validade e fidedignidade (Wartha; Santana, 2020) podem ser obtidas em Gomes (2024).

O teste foi apresentado sob a forma de um livreto de seis páginas, sendo uma página de instrução e cinco contendo um esquema de um experimento em cada página, conforme a Figura 1. O problema possuía três variáveis independentes e categóricas que assumiam apenas dois valores. A linguagem utilizada para descrever o problema e as variáveis foi propositadamente coloquial.

O problema utilizava comparações experimentais de quatro tipos diferentes, que representam algumas das concepções em relação à ECV identificadas por Schwichow, Brandenburger e Wilbers (2022):

- Experimento adequado e consistente (experimento 3): aquele cuja variável em foco, relevante para a solução do problema proposto e cujo efeito se deseja determinar, assume valores diferentes, enquanto as demais são mantidas constantes, sendo, portanto, o experimento correto para demonstrar o efeito da variável em foco em cada problema.

- Experimento inconsistente em uma variável (experimento 4): aquele em que, além da variável relevante, uma segunda variável, irrelevante para a questão apresentada, também varia. Apenas um fator é mantido constante nesse experimento. Assim, esse experimento é inadequado para determinar o efeito da variável relevante.

- Experimento inconsistente em todas as variáveis (experimento 2): aquele em que a variável relevante assume valores diferentes, juntamente com as demais variáveis. Esse experimento é, então, inadequado para determinar o efeito da variável relevante.

Figura 1 – Descrição da atividade e representação dos esquemas experimentais utilizados

Suponha que um estudante, em uma atividade no laboratório de Física, tenha, sobre sua bancada, uma rampa cuja inclinação ele pode ajustar (duas inclinações possíveis, pequena ou grande), e que ele também dispõe de duas esferas de mesmo material, mas de massas diferentes, que podem ser soltas a partir de duas distâncias distintas com relação ao início da rampa (distância pequena ou grande).

Nas páginas a seguir, são exibidos 5 experimentos que o estudante realizou, com o objetivo de determinar se a distância em que as esferas são soltas tem influência no tempo que as esferas gastam para percorrer a rampa. Você deverá avaliar os experimentos que o estudante realizou, considerando a adequação entre o objetivo da atividade e o procedimento adotado. Para cada experimento, você deverá decidir se aquele experimento é bom ou ruim para alcançar o objetivo do estudante e justificar sua resposta.

Como exemplo, o experimento 1 (veja a figura) ilustra que o estudante colocou a rampa com uma inclinação pequena e soltou uma esfera de massa grande para rolar a partir de uma distância pequena do início da rampa. Quando a esfera chegou ao final da rampa, ele anotou o tempo gasto pela esfera para percorrer a distância. Em seguida, ele manteve a inclinação pequena da rampa e soltou uma esfera de massa pequena a partir de uma distância pequena e anotou o tempo. Com esse procedimento, o estudante é capaz de determinar, com certeza, se a distância em que as esferas são soltas tem influência no tempo necessário para ela descer a rampa? Siga o mesmo raciocínio para os outros experimentos, justificando porquê você considera os experimentos bons ou ruins.

O diagrama apresenta cinco experimentos, cada um em um quadro separado, com as seguintes características:

- Experimento 1:** Inclinação Pequena. Distância Pequena. Massa Grande (primeira esfera); Distância Pequena. Massa Pequena (segunda esfera).
- Experimento 2:** Inclinação Pequena. Distância Pequena. Massa Grande (primeira esfera); Inclinação Grande. Distância Grande. Massa Pequena (segunda esfera).
- Experimento 3:** Inclinação Grande. Distância Pequena. Massa Grande (primeira esfera); Inclinação Grande. Distância Grande. Massa Grande (segunda esfera).
- Experimento 4:** Inclinação Grande. Distância Pequena. Massa Grande (primeira esfera); Inclinação Pequena. Distância Grande. Massa Grande (segunda esfera).
- Experimento 5:** Inclinação Grande. Distância Grande. Massa Pequena (primeira esfera); Inclinação Pequena. Distância Grande. Massa Pequena (segunda esfera).

Fonte: autoria própria (2024).

- Experimento consistente, mas irrelevante (experimentos 1 e 5): aquele em que uma outra variável independente, mas irrelevante para o problema, assume valores diferentes, enquanto a variável relevante é mantida constante. Esse experimento, apesar de ser correto quanto ao controle de variáveis, é inadequado para determinar a influência da distância (variável relevante) sobre o tempo. Para o problema, foram utilizados dois experimentos desse tipo. Em um deles, a variável independente que é modificada é causal (inclinação), ou seja, tem

influência sobre a variável independente. No outro experimento, a variável independente alterada (massa) é não causal.

Os estudantes foram instruídos a prestar atenção às instruções fornecidas pela página de instrução e pelo pesquisador, bem como a observar os desenhos cuidadosamente. Em seguida, de acordo com os objetivos estabelecidos, os alunos avaliaram a adequação dos conjuntos de esquemas experimentais para testar o efeito de determinada variável sobre outra. Os estudantes trabalharam individualmente durante todo o teste, seguindo seu próprio ritmo. Para cada experimento, eles foram orientados a marcar se o experimento era bom ou ruim, tendo em vista os objetivos estabelecidos. Em seguida, foi-lhes solicitado que justificassem suas escolhas. Os alunos demoraram, em média, 15 minutos para realizar o teste.

Foi utilizado um sistema de categorização para classificar as respostas dos estudantes em cada uma das comparações experimentais que explora as sub-habilidades (ii) e (iv), propostas Schwichow e colaboradores (2016), conforme o Quadro 1. Portanto, ao organizar a categorização, atentou-se, principalmente, à capacidade dos respondentes de reconhecer as comparações nas quais havia exemplos de controle de variáveis efetivo e ao entendimento dos objetivos da atividade demonstrados pelos alunos ao justificarem cada tipo de experimento.

Quadro 1: Sistema de categorização das justificativas

Código	Tipo de justificativa	Descrição
C1	Completa e relevante	Justificativa que leva em consideração todos os aspectos do controle de variáveis, além do objetivo da atividade.
C2	Completa e irrelevante	Justificativa que, embora leve em consideração todos os aspectos do controle de variáveis, desconsidera o objetivo da atividade.
C3	Incipiente	Justificativa que inclui apenas alguns aspectos do controle de variáveis. Na maioria dos casos, a variável cujo efeito se deseja determinar é contrastada e alguma outra variável também varia. Essa variação é percebida pelo estudante que a considera irrelevante.
C4	Precária	Justificativa na qual o aluno centra sua atenção apenas na variável em foco, desconsiderando o que acontece com as demais.
C5	Irrelevante	Justificativa que se baseia em alguma concepção alternativa do estudante, sendo irrelevante se considerarmos o objetivo da atividade proposta.

Fonte: autoria própria (2024).

As justificativas dos alunos foram categorizadas de forma independente por dois pesquisadores. A porcentagem de concordância foi de 97,2%, com os 68 casos em que houve discordância de categorização sendo dirimidos após conversa e consenso entre os pesquisadores. Algumas respostas dos participantes foram transcritas para que exemplificassem as categorias utilizadas:

“Pode parecer que é um bom experimento por oferecer quase as mesmas condições para a esfera percorrer a rampa: mesma massa e mesma distância. Mas não é, pois a inclinação sendo diferente, poderia influenciar no tempo e o objetivo é saber se a distância influi no tempo, não a inclinação” (C1 – experimento 5).

“Neste experimento, três fatores variaram: a distância, a massa e a inclinação. Por isso não é possível saber qual dos três teve influência no tempo que as esferas gastam para descer a rampa” (C1 – experimento 2).

“Este experimento é bom porque prova que a massa também interfere no tempo de chegada da bola” (C2 – experimento 1).

“Esse é um bom experimento, pois facilita a experimentação. O que muda é só a inclinação” (C2 – experimento 5).

“Nesse experimento é possível notar a diferença de tempo gasto pelas duas bolinhas, em distâncias diferentes, levando em consideração a distinção entre elas, o tamanho e a inclinação” (C3 – experimento 2).

“Pode ser um experimento bom para observar como a distância em conjunto com outros fatores interfere no tempo” (C3 – experimento 4).

“Ele não variou a distância e, portanto, não pode determinar se ela influencia ou não” (C4 – experimento 1).

“O experimento é bom pois variou-se a distância. Porém fatores como a massa também poderiam influenciar; a inclinação também” (C4 – experimento 2).

“Porque você pode analisar qual esfera chega em menor tempo” (C5 – experimento 1).

“Pois as bolas são de mesma massa, mas sua inclinação e sua distância são diferentes. Fazendo assim, a bola solta na distância pequena e inclinação grande chegará mais rápido do que a outra” (C5 – experimento 4).

Os dados para este trabalho foram coletados no início e ao final do ano letivo, para que se pudessem identificar os conhecimentos iniciais e as possíveis modificações nas compreensões dos participantes sobre ECV, constituindo-se, dessa forma, um pré-teste e um pós-teste. Tanto no início quanto no final do ano, a aplicação do teste ocorreu durante o horário das aulas de física dos estudantes, sob a responsabilidade dos próprios professores de física das turmas, habituados com procedimentos de pesquisas educacionais.

Além das respostas ao teste, as ações de grupos de alunos em seis das 13 atividades foram registradas em áudio e vídeo. Os cadernos dos alunos de duas turmas, contendo os relatórios das atividades, foram recolhidos ao final do ano letivo.

Resultados e discussão

O instrumento de pesquisa foi respondido por 242 estudantes no pré-teste e por 173 no pós-teste, sendo que destes, 165 responderam aos dois testes. O primeiro item de análise tratou da frequência total da ocorrência das justificativas, considerando todos os tipos de experimentos e alunos. A Tabela 1 apresenta a frequência seguida da respectiva percentagem para cada uma das categorias de justificação.

Tabela 1: Frequência de ocorrência das justificativas

Justificativas	Ocorrência das justificativas			
	Pré-teste		Pós-teste	
	N=272	Porcentagem	N=173	Porcentagem
Completa e relevante (C1)	678	56,0	546	63,1
Completa e irrelevante (C2)	79	6,5	81	9,4
Incipiente (C3)	124	10,2	79	9,1
Precária (C4)	22	1,8	21	2,4
Irrelevante (C5)	305	25,2	135	15,6
Sem justificativa	2	0,2	3	0,3
Total	1210	100	865	100

Fonte: dados de pesquisa.

Percebe-se, tanto no pré-teste quanto no pós-teste, uma forte predominância da categoria C1, seguida da categoria C5. Das 440 justificativas categorizadas como C5, considerando o pré e o pós-teste, boa parte apresenta indícios de que os alunos trataram os problemas segundo o 'modo de engenharia', proposto por Schauble, Klopfer e Raghavan (1991). Tal cenário ocorreu apesar de as instruções escritas no livreto e durante a apresentação terem explicitado o objetivo da atividade ilustrada, ou seja, determinar o efeito da distância sobre o tempo de descida da esfera. Percebe-se, assim, que ao analisarem o problema proposto, alguns alunos desconsideraram o objetivo previamente proposto e consideraram objetivos mais práticos, visando à otimização do resultado – características do 'modo de engenharia' anteriormente citado. Esses alunos avaliaram os experimentos para, por exemplo, obter a configuração que proporcionasse o menor tempo gasto pela esfera ou que proporcionasse o mesmo tempo para as duas situações experimentais.

Há uma diferença significativa entre as frequências de ocorrência das justificativas entre o pré e pós-teste - $\chi^2(4) = 33,030$, $p < 0,001$. Pela análise da Tabela 1, pode-se observar que essa diferença é causada pelo aumento da frequência das justificativas C1 e C2 e pela diminuição da ocorrência das justificativas C5. Isso indica que o desempenho dos alunos no pós-teste foi significativamente superior ao seu desempenho no pré-teste. No pré-teste, 42 alunos não tiveram justificativa alguma categorizada como C1. Já no pós-teste, esse número foi reduzido para 27 alunos. No pré-teste, 97 estudantes (48%) tiveram alguma de suas justificativas categorizadas como C5. No pós-teste, esse número diminuiu para 41 (24%). Assim, a diminuição na ocorrência das justificativas C5 do pré-teste para o pós-teste também é um indício da sofisticação na resposta dos estudantes.

No pré-teste, das 1210 respostas, percebe-se que em quase a metade (44,0%) ocorreram certas falhas no raciocínio dos estudantes, as quais impediram que eles as justificassem de forma completa e relevante. Excluindo-se as justificativas categorizadas como C1 e C2, nas quais os estudantes levaram em consideração os aspectos sobre controle de variáveis, mais de 37% das justificativas, isto é, a soma das categorias C3, C4 e C5, não apresentavam indícios de preocupação com esse controle. Já no pós-teste, o resultado foi superior. Das 865 respostas, a soma das percentagens das categorias C3, C4 e C5 baixou para 27,1%, devido principalmente à diminuição da categoria C5 (de 25,2% para 15,6%). As percentagens das categorias C3 e C4 permaneceram praticamente inalteradas.

Para se avaliar melhor o efeito das atividades práticas, desenvolvidas ao longo do ano, sobre a habilidade dos alunos de reconhecer experimentos nos quais há um controle de

variáveis efetivo, consideraram-se as respostas dos 165 alunos que realizaram os dois testes. Os dados para cada tipo de experimento são apresentados nas Tabelas 2 e 3.

Tabela 2: Frequência de ocorrência das justificativas por experimento no pré-teste

Experimentos	Pré-teste					Totais
	C1	C2	C3	C4	C5	
Consistente, mas irrelevante (1)	85	17	18	10	35	165
Inconsistente em todas as variáveis (2)	95	1	23	3	43	165
Adequado e consistente (3)	125	1	3	0	34	163
Inconsistente em uma variável (4)	108	0	16	1	39	164
Consistente, mas irrelevante (5)	80	25	25	2	32	164
Totais	493	44	85	16	183	821

Fonte: dados de pesquisa.

Tabela 3: Frequência de ocorrência das justificativas por experimento no pós-teste

Experimentos	Pré-teste					Totais
	C1	C2	C3	C4	C5	
Consistente, mas irrelevante (1)	77	38	15	14	21	165
Inconsistente em todas as variáveis (2)	116	0	24	1	24	165
Adequado e consistente (3)	131	0	2	0	30	163
Inconsistente em uma variável (4)	120	0	17	0	27	164
Consistente, mas irrelevante (5)	80	35	18	6	25	164
Totais	524	73	76	21	127	821

Fonte: dados de pesquisa.

Comparando-se os resultados totais da última linha das Tabelas 2 e 3, observa-se que há uma diferença significativa em relação à distribuição das justificativas - $\chi^2(4) = 19,428$, $p < 0,001$, o que reforça o resultado anterior quanto à diferença entre o desempenho dos estudantes entre o pré e o pós-teste.

Ao se analisarem os resultados de cada experimento, percebe-se que, com exceção do experimento 1, a percentagem de ocorrência da justificativa C1 foi maior no pós-teste que no pré-teste, o que indica uma sofisticação no raciocínio do pensamento do estudante para a resolução do problema proposto. Nos experimentos 1 e 5 – experimentos do tipo consistente, mas irrelevante – ocorreu um controle efetivo de variáveis, porém, a variável modificada não atende aos objetivos da atividade. Nesses casos, há um aumento nas ocorrências da justificativa C2 para esses experimentos entre o pré e o pós-teste, sobretudo no experimento 1, o que indica que muitos alunos desconsideraram os objetivos da atividade, considerando apenas o controle de variáveis quanto à adequação ou não do experimento. As similaridades das percentagens da justificativa C1 e C2 entre os experimentos 1 e 5 de cada teste indicam o mesmo, já que os experimentos são semelhantes.

Os experimentos 2 e 4 são adequados ao objetivo da atividade, mas inconsistentes quanto ao controle de variáveis, uma vez que, além da distância (variável de interesse), outras variáveis também são alteradas. A percentagem de justificativas C1 nos dois experimentos aumentou significativamente, o que indica que as inconsistências desses experimentos foram mais bem observadas no pós-teste.

O experimento 3 consiste em um experimento adequado e relevante e, portanto, ideal para atingir o objetivo da atividade, sendo o mais bem avaliado pelos alunos, tanto no pré

quanto no pós-teste, o que indica que os alunos não tiveram dificuldades em reconhecê-lo como um bom teste experimental.

É interessante ressaltar que assuntos relacionados ao controle de variáveis são tratados na escola apenas de forma implícita durante as aulas de laboratório de física. A ocorrência das justificativas irrelevantes, precárias e incipientes (C5, C4 e C3) pode indicar uma menor capacidade de reconhecer testes adequados e consistentes, pois indicam que os alunos recorreram às suas concepções e ideias causais intuitivas para tentar resolver o problema proposto. Tal resultado é um indício do desconhecimento dos alunos quanto ao significado do que seja realizar um experimento e os cuidados necessários durante sua realização.

Como se trata de um aspecto importante durante uma atividade experimental, o controle de variáveis deve ser sempre considerado, independentemente do tipo de atividade, do grau de dificuldade e do domínio teórico do tema da investigação. Para analisar a capacidade dos estudantes de avaliar os diversos experimentos corretamente, levantaram-se o número e a porcentagem de alunos cujas cinco respostas tenham sido categorizadas como C1 (justificativa completa e relevante). Chamaram-se esses estudantes de robustos, sendo que a robustez indica dois aspectos importantes:

- Que o aluno, além de demonstrar saber o que é uma estratégia adequada para controlar variáveis e revelar capacidade de distinguir entre experimentos bons e confusos, possui também um entendimento claro do objetivo da atividade, levando-o em consideração na avaliação dos testes propostos.

- Que o aluno domina bem a estratégia correta de controle de variáveis, já que soube reconhecê-la, independentemente do tipo de experimento, o que provavelmente está relacionado a uma boa compreensão da lógica da experimentação (Borges; Gomes, 2005).

No pré-teste, dos 242 estudantes que realizaram o teste, 65 (28%) apresentaram justificativas C1 em todas as respostas. Já no pós-teste, dos 174 estudantes que realizaram o teste, 61 (35%) o fizeram. Ao se levarem em consideração os 165 estudantes que fizeram os dois testes, verificou-se que 28 estudantes demonstraram robustez em ambos os testes. Dos outros 137 estudantes, 31 atingiram a robustez no pós-teste, totalizando 59 estudantes (36%).

A pequena porcentagem de estudantes robustos no pós-teste pode indicar que, apesar de conseguir identificar testes adequados e consistentes em alguns casos, a maioria dos estudantes apresentou dificuldades ao avaliar todos os tipos de experimentos envolvidos. Se também forem consideradas válidas as justificativas categorizadas como C2 (completa e irrelevante), obtém-se uma diferença mais acentuada entre os testes. Dos 165 estudantes, 41 tiveram todas suas justificativas categorizadas como C1 ou C2 nos experimentos do pré e do pós-teste. Dos outros 124 estudantes, 39 sofisticaram suas justificativas no pós-teste, totalizando 80 (48%) estudantes no pós-teste.

Durante as gravações das atividades desenvolvidas pelos estudantes, percebe-se a evolução na compreensão da importância de se controlarem variáveis para a obtenção de dados confiáveis e interpretáveis. Na terceira atividade realizada no laboratório, sobre movimento retilíneo uniforme, os estudantes utilizaram um tubo fino com água, dentro do qual uma bolha de ar pode se movimentar. O objetivo da atividade era determinar a velocidade da bolha. Para isso, os estudantes mediam o tempo que a bolha levava para percorrer diferentes distâncias dentro do tubo. Nessa atividade, um grupo iniciou a atividade segurando o tubo com as mãos, sem se preocupar em manter a inclinação bem controlada. Após verificarem alguns resultados, constataram a necessidade de se manter a inclinação constante:

A1- "4,28 segundos."

A2- "4,28 segundos?"

A1- "Sabe por que muda? Porque é o seguinte: a inclinação nunca é a mesma. Querendo ou não tem o erro da inclinação."

A2- "Não seria melhor apoiar em alguma coisa, para ficar mais certinho."

A3- "A ideia não é essa, ter erros de medida?"

A2- "Não."

A3- "A gente vai medir 3 vezes e pegar o tempo médio."

A2- "Mesmo com a mesma inclinação daria resultados diferentes."

P- "Por que daria resultados diferentes com a mesma inclinação?"

A2- "Porque tem diferença no tempo de apertar o cronômetro."

A partir dessa passagem, percebe-se a surpresa da estudante A2 com o resultado obtido. Apesar de saber que a inclinação pode influenciar os resultados, a estudante A1 não sugere que o grupo mantenha uma mesma inclinação, o que é sugerido pela estudante A2. Já a estudante A3 não reconhece a importância desse controle de variáveis, sugerindo, em sua primeira intervenção, que o objetivo da atividade se relaciona aos erros de medida, assunto que estudaram no início do ano. Após esse diálogo, os estudantes continuaram a coletar os dados segurando o tubo com as mãos e só depois da obtenção de outros resultados contraditórios resolveram perguntar ao professor. O professor recomendou então fixar a inclinação do tubo. No relatório, redigido individualmente pelos estudantes, a estudante A2 escreveu: "Quando iniciamos a prática esquecemos que a inclinação tinha que ser fixa, portanto, tivemos que começar novamente. Dessa vez, usando um paralelepípedo para fixar a inclinação de modo que ela variasse o mínimo possível."

Na nona atividade desenvolvida no ano, os estudantes deveriam planejar e executar os procedimentos adequados para que pudessem determinar os fatores que afetam o período do pêndulo. Durante a realização dessa atividade, foi perguntado aos estudantes:

P- "O que vocês farão para determinar a influência da massa?"

A4- "Usando o mesmo tamanho da corda, vamos usar três corpos de massa diferentes e determinar os períodos para cada um dos corpos."

P- "Por que vão usar o mesmo comprimento?"

A5- "Se eu quero ver se isso [aponta para a massa do pêndulo] varia, todos os outros devem ser iguais. Se eu variar outro fator, não tem como saber se foi a massa que fez o período mudar."

Em outro grupo, a mesma pergunta foi feita aos estudantes enquanto realizavam a atividade:

P- "O que vocês farão para determinar a influência da massa?"

A6- "Pegamos três massas, vamos fazer a experiência com o mesmo comprimento da linha e o mesmo ângulo."

P- "Por quê?"

A7- "Para variar somente a massa. Pois o comprimento e o ângulo são outras coisas que a gente acredita que pode variar o período".

P- "E para determinar a influência do comprimento do pêndulo?"

A7- "Para comparar o comprimento, a massa tem que ser a mesma".

Nos dois diálogos acima, pode-se perceber que os alunos não só sabem realizar procedimentos que consideram o controle de variáveis, como também compreendem a sua importância. Ao analisar o caderno de relatórios dos estudantes, várias passagens que mencionam os procedimentos adotados puderam ser identificadas:

"Marcamos o tempo com que a bolha de ar completava os 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70 e 80 cm, mantendo uma inclinação com o toco deitado, repetindo o processo por três vezes. Após anotar os resultados na tabela, calculamos o tempo médio e o erro médio. Refizemos todo esse processo, porém agora medindo o tempo a uma inclinação do tubo sobre o toco de madeira em pé."

"Assim sendo, pegamos um suporte em forma de "L" invertido e o fixamos na mesa. No meio da haste horizontal amarramos um cordão de 70 cm de comprimento e na sua ponta amarramos um objeto de massa igual a 50 g. Para determinar o período deste pêndulo utilizamos a haste vertical do suporte como ponto de partida, ou seja, encostamos o objeto na haste e soltamos e com o cronômetro, medimos o período do pêndulo. Este procedimento foi executado com mais dois objetos (100g e 200g), cinco vezes cada um. Depois medimos com o cronômetro o período de pêndulos com 20, 50 e 80cm, sendo que a massa era a mesma para todos os comprimentos (100g). Utilizamos como ponto de partida do lançamento do objeto o mesmo da prática anterior."

"Primeiramente, fizemos as contagens do período do pêndulo variando somente o comprimento da corda, soltando, portanto, o mesmo peso, de um mesmo ângulo, de três comprimentos de corda diferentes. Realizamos as contagens três vezes, para uma maior precisão. Para compreender a influência do peso e do ângulo, realizamos os mesmos procedimentos, mantendo todas as variáveis constantes, exceto por aquela que estamos trabalhando."

"O primeiro procedimento que realizamos foi medir o período do pêndulo com um tamanho de cordão fixo e diferentes objetos (massas diferentes). Realizamos a medida para cada peso várias vezes. No segundo experimento invertemos as coisas: utilizamos diferentes tamanhos de cordão e uma massa constante; também realizamos os experimentos várias vezes. Nos dois primeiros procedimentos, soltamos o objeto do mesmo ângulo. No terceiro procedimento determinamos massa e tamanho do cordão fixo, variando o ângulo de abertura."

Nesses trechos, pode-se identificar a preocupação dos estudantes de controlar as variáveis envolvidas nas atividades. Em outros casos, apesar de executarem procedimentos considerando ECV, os estudantes não mencionaram explicitamente tal preocupação nos relatórios.

Considerações finais

Este trabalho teve como objetivo avaliar se alunos ingressantes do ensino médio dominam as habilidades de reconhecer testes experimentais adequados e consistentes e de rejeitar testes inconsistentes, bem como se essas habilidades se desenvolvem ao longo de um ano letivo, após a realização de uma sequência de atividades práticas diversas.

Em relação à primeira questão de pesquisa, no início do ano letivo, 56% das 1210 justificativas foram categorizadas como completas e adequadas (C1) e 65 (27%) participantes foram considerados robustos. Os resultados do pré-teste são, portanto, similares aos achados de Borges e Gomes (2005), que avaliaram as mesmas habilidades em turmas do 8º ano do ensino fundamental e do 2º ano do ensino médio. Esse resultado é importante por ressaltar que para a faixa etária pesquisada, não se pode considerar que as ECV estejam consolidadas, plenamente desenvolvidas ou facilmente transferíveis entre contextos.

Respondendo à segunda questão de pesquisa, os resultados do pós-teste foram significativamente superiores aos do pré-teste, indicando que as atividades práticas ao longo do ano letivo podem ter contribuído para aprimorar e desenvolver as habilidades de parte dos estudantes de reconhecer testes adequados e consistentes, rejeitar situações experimentais nas quais haja inconsistências relacionadas ao controle de variáveis, além de propor e executar procedimentos nos quais ocorra um controle de variáveis efetivo (verificados por meio das gravações das atividades e cadernos de relatório).

Mesmo no pós-teste, o desempenho de boa parte dos estudantes foi influenciado pelos diferentes tipos de testes presentes no instrumento, indicando que a habilidade de controlar variáveis não está plenamente desenvolvida, sendo ainda influenciada por outros fatores, tais como o contexto e o tipo de atividade. Ao final do ano, 35,3% dos estudantes demonstraram dominar tal habilidade efetivamente, porém, cerca de ¼ dos respondentes ainda utilizou pelo menos uma resposta irrelevante para avaliar algum experimento. Tal cenário reforça resultados de pesquisas apontando que as estratégias se desenvolvem e se modificam lentamente, ao longo da aprendizagem e do processo de resolução de problema, indicando assim que o indivíduo não possui apenas uma forma de pensar sobre uma determinada classe de problemas:

[...] indivíduos, caracteristicamente, utilizam estratégias válidas recém-adquiridas com estratégias inválidas mais antigas que já possuem. Mudanças, portanto, ocorrem não como uma transformação repentina, mas, ao contrário, com um aumento progressivo da proporção de utilização das novas estratégias adquiridas (Schauble, 1996, p. 5).

Um dos possíveis motivos para o resultado, de certa forma, aquém do esperado, é o fato de as ECV não terem sido abordadas de forma explícita durante as atividades. Pesquisas indicam que os alunos reconhecem, na maioria das vezes, apenas os objetivos imediatos da atividade, não criando ou estabelecendo ligações entre as atividades realizadas, nem entre as aprendizagens por elas geradas (Hart *et al.*, 2000). Além disso, assim como Siler e Klahr (2012) também identificaram, os alunos muitas vezes interpretam inadequadamente o objetivo da atividade como a obtenção de um resultado, em vez de determinar o status causal de uma única variável.

Uma limitação desta pesquisa é, justamente, a ausência de um grupo controle para que fosse possível afirmar com mais certeza que as diferenças entre o pré e o pós-teste devam ser atribuídas às atividades realizadas. Porém, em contexto educacional real, como se adotou

nesta pesquisa, tal fator não é passível de se alcançar, pois significaria negar à parte do grupo estudado atividades regulares de ensino.

Acredita-se, assim como outros pesquisadores, que estratégias de controle de variáveis devam ser ensinadas de forma explícita (Bryant *et al.*, 2015; Kuhn, 2016; Stender *et al.*, 2018). Não se pode simplesmente esperar que os estudantes as desenvolvam corretamente apenas pela sua maturidade e a partir do desenvolvimento de atividades. Para tanto, é importante que professores e educadores conheçam as dificuldades e os problemas enfrentados pelos estudantes ao desenvolverem ECV, a fim de ajudá-los a adquirirem uma maior e melhor compreensão destas.

Pesquisas indicam que habilidades relacionadas às ECV podem ser mais bem desenvolvidas por meio de atividades específicas, contextualizadas e bem orientadas (Lazonder; Harmsem, 2016; Schwichow *et al.*, 2016). Se é desejável que estudantes desenvolvam uma compreensão significativa desse processo, deve-se não apenas engajá-los em atividades nas quais eles apliquem os procedimentos aprendidos, mas também ajudá-los a refletir e examinar a motivação e o propósito dos procedimentos realizados de forma que possam estabelecer conexões. O próprio instrumento de pesquisa adotado pode ser utilizado para se trabalhar, discutir e avaliar a habilidade de controle de variáveis em sala de aula.

Não se pode esperar dos estudantes um bom entendimento sobre testes adequados e consistentes e a sua generalização para quaisquer fenômenos ou problemas se não forem oferecidas a eles oportunidades de aprendê-los e praticá-los. Deve-se então elaborar atividades investigativas específicas que estimulem os alunos a utilizarem estratégias adequadas de controle de variáveis. Essas atividades, além de bem orientadas, devem ter uma ampla participação dos estudantes, para que executem e reconheçam a importância do controle de variáveis na interpretação de resultados, na revisão de suas hipóteses iniciais e na mudança de suas concepções sobre o efeito de cada variável envolvida. Além disso, mais pesquisas são necessárias para se identificarem fatores que possam influenciar a habilidade dos estudantes de controlar efetivamente as variáveis em atividades e contextos diversos.

Agradecimento

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), pelo apoio financeiro ao projeto APQ 00701-18.

Referências

- ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA EM EDUCAÇÃO. *Ética e pesquisa em Educação: subsídios*. Rio de Janeiro: ANPEd, 2019.
- BORGES, A. T. Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 19, n. 3, p. 291-313, 2002.
- BORGES, A. T.; GOMES, A.D.T. Percepção de estudantes sobre desenhos de testes experimentais. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 22, n. 1, p. 71-94, 2005.
- BRYANT, P. *et al.* The importance of being able to deal with variables in learning science. *International Journal of Science and Mathematics Education*, v. 13, p. 145-163, 2015.

- BULLOCK, M.; SODIAN, B.; KOERBER, S. Doing experiments and understanding science: development of scientific reasoning from childhood to adulthood. In: SCHNEIDER, W; BULLOCK, M. *Human Development from Early Childhood to Early Adulthood: Findings from a 20 Year Longitudinal Study*. London: Psychology Press, 2009. p. 173–197.
- CHEN, Z.; KLAHR, D. All other things being equal: Acquisition and transfer of the control of variables strategy. *Child Development*, v. 70, n. 5, p. 1098-1120, 1999.
- CONCEIÇÃO, A. R.; LORENZETTI, L. O enfoque investigativo nos livros didáticos de Ciências da Natureza (PNLD 2021). *Amazônia: Revista de Educação em Ciências e Matemáticas*, v. 19, n. 42, p. 194-210, 2023.
- GAYA, T. F. M.; BRUEL, A. L. Estudos longitudinais em educação no Brasil: revisão de literatura da abordagem metodológica e utilização de dados educacionais para pesquisas em Educação. *Revista de Estudios Teóricos y Epistemológicos en Política Educativa*, v. 4, p. 1-18, 2019.
- GOMES, A. D. T. Análise da validade e fidedignidade de um teste de controle de variáveis. In: ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, 20., 2024, Recife. *Atas...* São Paulo: Sociedade Brasileira de Física, 2024.
- HART, C. *et al.* What is the purpose of this experiment? Or can students learn something from doing experiments? *Journal of Research in Science Teaching*, v. 37, n. 7, p. 655-675, 2000.
- KUHN, D. Reasoning about multiple variables: Control of variables is not the only challenge. *Science Education*, v. 91, n. 5, p. 710-726, 2007.
- KUHN, D. What do young science students need to learn about variables? *Science Education*, v. 100, n. 2, p. 392-403, 2016.
- LAZONDER, A. W.; HARMSSEN, R. Meta-analysis of inquiry-based learning: Effects of guidance. *Review of Educational Research*, v. 86, n. 3, p. 681-718, 2016.
- MAXIMILLA, N. R.; SCHWANTES, L. Polêmicas contemporâneas sobre o método científico: uma revisão sistemática da literatura. *Amazônia: Revista de Educação em Ciências e Matemáticas*, v. 15, n. 33, p. 75-87, 2019.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas. Washington: National Academies Press, 2012.
- PETERANDERL, S.; EDELSBRUNNER, P. A. The predictive value of Children's understanding of indeterminacy and confounding for later mastery of the control-of-variables strategy. *Frontiers in Psychology*, v. 11, p. 531565, 2020.
- SCHAUBLE, L. The development of scientific reasoning in knowledge-rich contexts. *Developmental Psychology*, v. 32, n. 1, p. 102, 1996.
- SCHAUBLE, L.; KLOPFER, L. E.; RAGHAVAN, K. Students' transition from an engineering model to a science model of experimentation. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 28, n. 9, p. 859-882, 1991.
- SCHWICHOW, M. *et al.* Teaching the control-of-variables strategy: A meta-analysis. *Developmental Review*, v. 39, p. 37-63, 2016.

SCHWICHOW, M. *et al.* The impact of sub-skills and item content on students' skills with regard to the control-of-variables strategy. *International Journal of Science Education*, v. 38, n. 2, p. 216-237, 2016.

SCHWICHOW, M.; BRANDENBURGER, M.; WILBERS, J. Analysis of experimental design errors in elementary school: how do students identify, interpret, and justify controlled and confounded experiments? *International Journal of Science Education*, v. 44, n. 1, p. 91-114, 2022.

SCHWICHOW, M.; OSTERHAUS, C.; EDELSBRUNNER, P. A. The relation between the control-of-variables strategy and content knowledge in physics in secondary school. *Contemporary Educational Psychology*, v. 63, p. 101923, 2020.

SILER, S. A.; KLAHR, D. Detecting, classifying and remediating: Children's explicit and implicit misconceptions about experimental design. In PROCTOR, R. W; CAPALDI, E. J. (Eds.), *Psychology of science: Implicit and explicit processes*. Oxford: Oxford University Press, 2012, p. 137-180.

STENDER, A. *et al.* Making inquiry-based science learning visible: the influence of CVS and cognitive skills on content knowledge learning in guided inquiry. *International Journal of Science Education*, v. 40, n. 15, p. 1812-1831, 2018.

TSCHIRGI, J. E. Sensible reasoning: A hypothesis about hypotheses. *Child Development*, v. 51, n. 1, p. 1-10, 1980.

WARTHA, E. J.; SANTANA, D. A. S. Construção e validação de instrumento de coleta de dados na pesquisa em Ensino de Ciências. *Amazônia: Revista de Educação em Ciências e Matemáticas*, v. 16, n. 36, p. 39-52, 2020.

ZIMMERMAN, C. The development of scientific thinking skills in elementary and middle school. *Developmental Review*, v. 27, n. 2, p. 172-223, 2007.

ZIMMERMAN, C.; KLAHR, D. Development of Scientific Thinking. In WIXTED, J. T.; GHETTI, S. (Eds.) *Stevens' Handbook of Experimental Psychology and Cognitive Neuroscience*, Volume 4 (Developmental and Social Psychology), Wiley, 2018, p. 223-248.