

A indução na perspectiva de Karl Popper e sua implicação no ensino de Ciências e Matemática

Francisco Sebastião Sumbane¹

Mauro Gomes da Costa²

Josefina Barrera Kalhil³

Resumo: Esta pesquisa discute o princípio de indução na perspectiva de Karl Popper e suas implicações no ensino de Ciências e Matemática. Trata-se de um ensaio qualitativo ancorado nas obras de Karl Popper, especificamente: Conhecimento objetivo (1999), os dois problemas fundamentais da teoria do conhecimento (1932), A lógica da pesquisa científica (1934), Conjeturas e refutações (2018), e o Racionalismo crítico da política (1981). Os resultados mostram que o princípio de indução está longe de ser aceite universalmente como possuidor de verdades e que origina erros conceituais durante o processo de ensino e de aprendizagem. Por sua vez, a crítica à indução contribui para a formação de sujeitos criativos e críticos que questionam as suas próprias produções e contribui para o desenvolvimento do pensamento humano. As conclusões apontam que a indução favorece a ocorrência de procedimentos incorretos e os mesmos devem contribuir para uma estratégia didática e mudança de atitudes por parte dos intervenientes do processo de ensino e aprendizagem, os quais devem olhar o erro como sendo integrante do processo educacional.


Palavras-chave: Epistemologia. Popper. Indutivismo. Ensino de Ciências.


Induction in Karl Popper's perspective and its implications in Science and Mathematics teaching


Abstract: This research discusses the principle of induction from Karl Popper's perspective and its implications for Science and Mathematics teaching. This is a qualitative essay anchored in the works of Karl Popper, specifically: Objective knowledge (1972), the two fundamental problems of the theory of knowledge (1932), The logic of scientific research (1934), Conjectures and refutations (2018), and the critical rationalism of politics (1981). The results show that the principle of induction is far from being universally accepted as possessing truths and that it originates conceptual errors during the teaching and learning process. In turn, the critique of induction contributes to the formation of creative and critical subjects who question their own productions and contributes to the development of human thought. The conclusions point out that the induction favors the occurrence of incorrect procedures and they should contribute to a didactic strategy and change of attitudes on the part of the intervenients of the teaching and learning process, which should look at the error as an integral part of the educational process.

Keywords: Epistemology. Popper. Inductivism. Science Teaching.

La inducción en la perspectiva de Karl Popper y sus implicaciones

¹ Universidade Eduardo Mondlane (UEM) — Maputo, Moçambique. ✉ francisco.sumbane@unesp.br 
<https://orcid.org/0000-0003-0130-2118>.

² Universidade do Estado do Amazonas (UEA) — Manaus (AM), Brasil. ✉ mcosta@uea.edu.br 
<https://orcid.org/0000-0002-1216-8412>.

³ Universidade do Estado Do Amazonas (UEA) — Manaus (AM), Brasil. ✉ josefinabk@gmail.com 
<https://orcid.org/0000-0003-1470-7608>.

en la enseñanza de las Ciencias y las Matemáticas

Resumen: Esta investigación discute el principio de inducción desde la perspectiva de Karl Popper y sus implicaciones para la enseñanza de las Ciencias y las Matemáticas. Se trata de un ensayo cualitativo anclado en las obras de Karl Popper, en concreto: El conocimiento objetivo (1999), Los dos problemas fundamentales de la teoría del conocimiento (1932), La lógica de la investigación científica (1934), Conjeturas y refutaciones (2018) y El racionalismo crítico de la política (1981). Los resultados muestran que el principio de inducción está lejos de ser universalmente aceptado como poseedor de verdades y que origina errores conceptuales durante el proceso de enseñanza y aprendizaje. A su vez, la crítica de inducción contribuye a la formación de sujetos creativos y críticos que cuestionan sus propias producciones y contribuye al desarrollo del pensamiento humano. Las conclusiones indican que la inducción favorece la ocurrencia de procedimientos incorrectos y deben contribuir a una estrategia didáctica y cambio de actitudes por parte de los intervinientes del proceso de enseñanza y aprendizaje, los cuales deben mirar al error como parte del proceso educativo.

Palabras clave: Epistemología. Popper. Inductivismo. Enseñanza de las Ciencias.

1 Introdução

Na perspectiva de Popper (2018), a indução é um dos princípios fundamentais da teoria do conhecimento e, segundo ele, a ciência progride por meio de conjecturas e refutações e o conhecimento científico deve ser construído a partir do critério da falseabilidade, ou seja, uma teoria para ser científica, deve ser refutável em algum momento; caso ela funcione sempre, não será científica, será dogmática e, portanto, uma pseudociência. O autor ressalta que o conhecimento não é resultado da experiência, mas de uma teoria que, ao ser confrontada com a experiência, pode ser refutada ou não. É, na perspectiva popperiana, que investigamos o princípio de indução e o uso deste no Ensino de Ciências e Matemática.

Na visão de Bachelard (1996), toda a pesquisa inicia com uma inquietação, a partir disso, propusemos o seguinte problema científico: *Em que consiste o princípio de indução na visão de Karl Popper e quais as suas implicações no Ensino de Ciências e Matemática?* Popper afirma que os dois problemas fundamentais da teoria do conhecimento são a indução e a demarcação (2013a).

Por questões de delimitação, nos concentramos no princípio de indução, definido como “um enunciado capaz de auxiliar-nos a ordenar as inferências em forma logicamente aceitável” (Popper, 2013, p. 28). Resta saber por que o princípio de indução deve merecer aceitação e como ele pode ser justificado em termos racionais.

O tratamento dado a essa questão foi denominada de “problema da indução”, o qual consiste em problematizar a validade ou a justificação das inferências indutivas, ou seja, “saber se as inferências indutivas se justificam e em que condições” (Popper, 2013, p. 27). Os contornos dessa questão são, assim, formulados: “Por ‘problema da indução’ designa-se aqui a questão da validade ou da justificação das proposições universais das ciências empíricas. Dito de outro modo: enunciados factuais, que se baseiam na experiência, podem ser válidos universalmente?” (Popper, 2013a, p. 3). É a partir dessa pergunta que introduzimos as nossas discussões, visto que o uso do princípio de indução é frequente nas aulas de Ciências e Matemática, desde o Ensino Fundamental até o Ensino Superior, bem como nas nossas vivências diárias.

2 Pressupostos teóricos e epistemológicos da pesquisa

Em relação ao desenvolvimento da ciência, Popper (2013) afirma que os cientistas, teóricos ou experimentais, formulam enunciados ou sistemas de enunciados e procedem às verificações. Especificamente, “no campo das ciências empíricas, para particularizar, ele [o cientista] formula hipóteses ou sistemas de teorias, e submete-os a testes, confrontando-os com a experiência, através de recursos de observação e experimentação” (Popper, 2013, p. 27). O autor concebe, como tarefa da lógica da pesquisa científica, proporcionar uma análise lógica desse procedimento. É este o ponto de partida mediante o qual Popper se ocupa do estudo da indução, por discordar que enunciados singulares possam fundamentar enunciados universais.

O empirismo é uma das teorias clássicas do conhecimento e objeto da crítica popperiana. A tese fundamental dessa teoria consiste em defender que:

A verdade ou falsidade de um enunciado factual pode ser decidida apenas a posteriori, isto é, pela experiência. A partir dessa tese fundamental, o empirismo clássico tira consequências indutivistas: ele acredita poder chegar à conclusão de que as leis da natureza devem ser inferidas ‘a partir da experiência’, isto é, induzidas (Popper, 2013a, p. 13, grifos do autor).

A tese do empirismo, e a consequência dela extraída, é criticada por Popper nos seguintes termos:

Ora, está longe de ser óbvio, de um ponto de vista lógico, haver justificativa no inferir enunciados universais de enunciados singulares, independentemente de quão numerosos sejam estes; com efeito, qualquer

conclusão colhida desse modo sempre pode revelar-se falsa: independentemente de quantos casos de cisnes brancos possamos observar, ainda não justifica a conclusão de que todos os cisnes são brancos (Popper, 2013, p. 27).

Essa proposição ficou conhecida como assimetria dos enunciados universais, pois enquanto nenhum número finito de observações (positivas) permite validar definitivamente um enunciado universal, basta uma observação (negativa) para o refutar. A crítica popperiana, ao princípio da indução, recai sobre dois aspectos, um positivo e o outro negativo. Em sentido negativo, segundo Popper (2013a, p. 11), “aos enunciados factuais universais não pode nunca [...] ser atribuído um grau de validade positivo”, isto é, a validade dos enunciados factuais universais não é verificável devido à impossibilidade de enumerar “todos” os fatos particulares; por outro lado, em sentido positivo, a validade dos enunciados factuais universais pode ser submetida a teste e falseável. A justificação da tese empirista requer determinar um “princípio de indução”. Ocorre que, segundo Popper (2013, p. 28), “o princípio de indução não pode ser uma verdade puramente lógica”, porque, se assim for, as inferências indutivas serão consideradas como transformações lógicas deste princípio, exatamente como ocorre na lógica dedutiva. Assim sendo, Popper (2013, p. 28) conclui, então, que “o princípio de indução há de se constituir-se num enunciado sintético, ou seja, enunciado cuja negação não se mostre contraditória, mas logicamente possível”. Popper crítica o princípio de indução, tomando como referência os dois problemas de indução de David Hume, denominados: problema lógico (HL) e problema psicológico (HPS).

O primeiro problema lógico de indução de Hume é: “HL — somos justificados em raciocinar partindo de exemplos (repetidos), dos quais temos experiência, para outros exemplos (conclusões), dos quais não temos experiência? A resposta de Hume a HL é: Não, por maior que seja o número de repetições” (Popper, 1999, p. 15). Em defesa da objetividade, Popper substitui as expressões “exemplos dos quais temos experiência” e “exemplos dos quais não temos experiência”, por “asserções de teste” e “teorias explanativas universais”, consecutivamente, passando a dar uma nova redação à indagação de Hume nos seguintes termos: “Pode a alegação de que uma *teoria explanativa universal* é verdadeira ser justificada por 'razões empíricas'; isto admitindo a verdade de certas *asserções de teste* ou *asserções de observação* (que pode-se dizer, são 'baseadas em experiências')”? (Popper, 1999, p. 18, sublinhado nosso). A resposta de Popper é negativa e, por isso, igual a de *Hume*.

Popper (1999, p. 18) propõe ainda uma segunda variação, substituindo a palavra “verdadeira” por “verdadeira ou falsa”, e pergunta: “Pode a alegação de que uma teoria explanativa universal é verdadeira, ou é falsa, ser justificada por ‘razões empíricas’; isto é, pode a admissão da verdade de asserções de teste justificar a alegação de que uma teoria universal é verdadeira, ou a alegação de que é falsa?” (sublinhado nosso). Neste caso, a resposta é afirmativa, pois “a admissão da verdade de asserções de teste, às vezes, nos permite justificar a alegação de que uma teoria explanativa universal é falsa” (Popper, 1999, p. 18). Em ambos os casos, as respostas são contrárias ao princípio de indução. O segundo princípio é o problema psicológico de indução de Hume, definido nos seguintes termos:

HPS- por que, não obstante, todas as pessoas sensatas esperam, e creem que exemplos de que não têm experiências conformar-se-ão com aqueles de que têm experiência? Isto é: Por que temos expectativas em que depositamos grande confiança? A resposta de Hume a HPS é: Por causa do “costume ou hábito”; isto é, porque somos condicionados pelas repetições e pelo mecanismo da associação de ideias, mecanismo sem o qual, diz Hume, dificilmente poderíamos sobreviver (Popper, 1999, p.15-16).

Popper (2018), embora concorde com a refutação da inferência indutiva, ou seja, da universalização a partir de casos particulares (problema lógico), considera insuficiente a resposta dada por Hume ao problema psicológico. Para o autor,

em vez de esperar passivamente que as repetições nos imprimam ou imponham padrões de regularidade, somos nós quem ativamente tenta impor essa regularidade ao mundo. Tentamos descobrir similaridades no mundo e interpretá-las em termos de leis por nós inventadas. Sem esperar por premissas, saltamos para as conclusões – que poderão ser abandonadas mais tarde, caso a observação demonstre que estavam erradas (Popper, 2018, p. 105).

Assim, tanto do ponto de vista lógico, quanto da perspectiva psicológica, Popper refuta o princípio de indução.

3 Pressupostos metodológicos da pesquisa

Este estudo tem cunho qualitativo, pois enfatiza as particularidades da indução em termos do seu significado para os pesquisadores em ciências e educação matemática, e ao público em geral, de modo que reflitamos sobre as nossas práticas educativas e vivências do cotidiano. Para Oliveira (2007, p.60), “a pesquisa qualitativa pode ser caracterizada como sendo um estudo detalhado de um determinado fato, objeto, grupo de pessoas ou ator social e fenômenos da

realidade". Neste percurso de trazermos compreensões sobre o indutivismo, na visão de Karl Popper, mergulhamos em suas obras tais como : *A lógica da pesquisa científica* (2013[1934]), *Conjecturas e refutações* (2018 [1963]), *Conhecimento objetivo* (1999[1972]), *Os dois problemas fundamentais da teoria do conhecimento* (2013a [1979]), e *o Racionalismo crítico da política* (1981). A partir das obras elencadas buscamos, à luz da perspectiva popperiana, estabelecer as relações entre o princípio da indução e as práticas pedagógicas no Ensino de Ciências e Matemática

4 Indução no ensino de Ciências e Matemática

Dentre os diferentes métodos científicos utilizados, em sala de aulas de ciências, o que predomina é a lógica dedutiva, enquanto, na Matemática utilizada pelos alunos no dia-a-dia, a abordagem dominante é o indutivo, o espacial e o não determinístico. As atividades matemáticas utilizadas em sala de aula, a maioria das vezes, são compostas de regras e procedimentos de fórmulas algébricas sem contextualização à realidade do aluno, isto é, são atividades totalmente desvinculadas de uma Matemática voltada para a formação integral do aluno. Todavia, o entendimento da lógica pode desempenhar um papel preponderante no ensino, o que é sustentado por Castro e Molinari (2015), os quais afirmam que a forma como a lógica é empregada na Matemática escolar pode definir ou não um argumento dedutivo válido.

O ensino de Matemática não pode privilegiar a incorporação de propriedades que simplesmente adestrem os alunos a resolver os exercícios, sem discutir as origens das propriedades, pois esse procedimento leva os alunos a fazer generalizações, às vezes, sem fundamento, o que é sustentado por Rabelo (2002, p. 65) ao afirmar que:

no ensino da matemática, ao invés do conteúdo ser adaptado ao aluno, o aluno é que tem que se adaptar ao conteúdo. Como normalmente isso não acontece, o aluno não consegue compreender o que se ensina. Por isso, a maioria das pessoas não a compreende, teme (e treme) e odeia a Matemática.

Para Torres (2007), a ciência requer a justificação das generalizações ou das leis explicativas de tudo o que ocorre na natureza. A generalização, por sua vez, exige que cada novo problema pode ser tratado simplesmente identificando-o como pertencente ao tipo de problema coberto pela generalização e o autor descreve duas

formas de fazer generalizações:

O método da lógica matemática chamado 'dedução' funciona do geral para o particular; obter a fórmula geral para resolver equações do segundo grau é um exemplo de método dedutivo. A segunda consiste em examinar um certo número de casos particulares para descobrir como eles estão relacionados. Uma vez determinada essa relação, ela se constitui como uma generalização. Trabalha-se do particular para o geral, o que forma o método da lógica matemática chamado 'indução' (Torres, 2007, p.19, tradução nossa).

Para Popper (2013), as generalizações não são as finalidades a serem alcançadas, mas a construção do conhecimento, o qual deve ser sempre testável e falseável. A observação cuidadosa de casos particulares para se chegar a uma generalização universal origina incoerências lógicas. Popper (2013, p. 28) sustenta que o princípio de indução está longe de ser uma verdade puramente lógica, pois, se houvesse um princípio lógico de indução, “todas as inferências indutivas teriam que ser encaradas como transformações puramente lógicas [...] exatamente como as inferências no campo da lógica dedutiva”, o que está de acordo com Popper (1977) na sua autobiografia intelectual ao afirmar de forma categórica que a indução não é defensável e que não existem regras de inferências indutivas que possam conduzir leis ou teorias universais e que possam ser consideradas verdadeiras por um minuto sequer. Popper sustenta ainda que:

As únicas inferências com direção indutiva admissíveis, isto é, que levam a conclusões ao irem das premissas menores para as premissas maiores de uma teoria que são conclusões *dedutivas* do *modus tollens*, a falsificação das premissas anteriores por meio da falsificação das conclusões deduzidas delas (Popper, 2013a, p. 9).

Não interessa o maior número de casos particulares que possam ser usados para se chegar a uma generalização, pois isso não garante a veracidade dessa conclusão, e Torre (2007a) afirma que o uso indevido da indução é uma ocorrência frequente na vida cotidiana, por exemplo, no raciocínio dos funcionários de uma farmácia ou de um grande número de pessoas com automedicação e na área de Ciências e Matemática é frequente a ocorrência de erros pelo uso inadequado do princípio de indução, o que podemos aferir nos seguintes casos:

- i. Seja a função $f(n) = 2^{2^n} + 1$ para $n \geq 0$ e vejamos as seguintes proposições na Tabela 1.

Tabela 1: Cálculo de algumas imagens de $f(n)$.

N	$f(n)$	Resultado	Valor lógico
0	$f(0) = 2+1=3$	3 é número primo	Verdade
1	$f(1) = 4+1=5$	5 é número primo	Verdade
2	$f(2) = 16+1=17$	17 é número primo	Verdade
3	$f(3) = 256+1=257$	257 é número primo	Verdade
4	$f(4) = 65536+1=65537$	65537 é número primo	Verdade

Fonte: Elaboração própria (2023)

Segundo Avila (2006), Pierre Fermat (1607-1665), depois de ter verificado os primeiros cinco números, conjecturou que $f(n)$ é primo para todo número natural, todavia, essa indução foi contestada pelo matemático Leonardo Euler (1707-1783), o qual calculou $f(5) = 4294967297$, tendo notado tratar-se de um número não primo; mesmo que continuássemos calculando $f(n)$ para $n = 6, 7, 8, 9, \dots$ dentre outros, encontrando sempre números primos, mesmo assim, não poderíamos concluir que $f(n)$ é sempre primo. Esse exemplo pode ser associado ao pensamento de Popper (2013), o qual afirma que: o que sucede no presente não nos dá a certeza de que o futuro será dessa mesma maneira.

- ii. Seja a função $p(n) = n^2 - n + 41$, definida no campo de números naturais. Os números $p(1)$ a $p(40)$ são primos, todavia, não podemos induzir que os números gerados pela função são todos números primos, pois $p(41) = 1681$ não é um número primo. Este caso mostra o quão cuidado devemos ter nas aulas em relação ao uso do princípio de indução, pois, no segundo exemplo, com os 40 casos gerando uma proposição verdadeira, poderia se afirmar que a generalização é válida, mas não podemos afirmar que ela sempre é verdadeira, baseado nesses testes, o que é sustentado por Köche (2003 p. 62) ao afirmar que “sob o ponto de vista epistemológico, é insustentável a indução”.
- iii. Consideremos os seguintes raciocínios indutivos

Poucos Moçambicanos falam bem o inglês.

Yury é Moçambicano.

Yury não fala bem o inglês.

Poucos Moçambicanos falam bem o inglês.

Yury está entre os poucos moçambicanos;

Yury fala bem o inglês.

Esses argumentos são indutivos e suas premissas são muito relevantes para a conclusão. Se soubéssemos mais acerca de Yury e acrescentássemos essas informações como premissas para o argumento, a probabilidade indutiva poderia mudar substancialmente. Para Rohaty e Nolt (1991, p. 67), “os argumentos indutivos não fornecem garantias. É possível, ainda que improvável (esperamos), que todo o assunto da evidência relevante conhecida seja enganador”.

Na perspectiva de Köche (2003, p.67), a indução só pode ser entendida sob o ponto de vista lógico, “falsear um enunciado universal e jamais confirmá-los. E sob o ponto epistemológico, a validade desses resultados estará sempre restrita e limitada ao âmbito da teoria que foi utilizada como referencial para a sua interpretação”. Na concepção de Popper (2013), é possível tirar conclusões a partir da lógica dedutiva, partindo do universal para o particular e a exemplificamos através do raciocínio dedutivo seguinte:

Primeira premissa: *Todos os cães são mamíferos*

Segunda premissa: *Buldogue é um cão.*

Conclusão: *Buldogue é um mamífero*

Para que uma teoria seja aceita, Popper (2013) distingue quatro itens nomeadamente:

Há em primeiro lugar, a comparação lógica das conclusões umas às outras, com o que se põe à prova a coerência interna do sistema. Há, em segundo lugar, a investigação da forma lógica da teoria, com o objetivo de determinar se ela apresenta o caráter de uma teoria empírica ou científica, ou se é, por exemplo, tautológica. Em terceiro lugar, vem a comparação com outras teorias, com o objetivo sobretudo de determinar se a teoria representará um avanço de ordem científica, no caso de passar satisfatoriamente as várias provas. Finalmente, há comparação da teoria por meio de aplicações empíricas das conclusões que dela se possam deduzir. (p. 31).

Vale ressaltar, que a lógica dedutiva proposta por Popper, é um requisito no desenvolvimento do conhecimento científico, pois ela é transmissora da verdade, retransmissora da falsidade e não-retransmissora da verdade. Silveira (1996), partindo dos estudos de Karl Popper, distingue três características da lógica dedutiva da seguinte forma:

Ela transmite a verdade na medida em que, sendo verdadeiras as leis e as condições específicas, a conclusão será verdadeira, o que pode ser exemplificado a

seguir:

Primeira premissa: *Todos os metais são condutores elétricos.*

Segunda premissa: *O alumínio é metal.*

Conclusão: *O alumínio é condutor elétrico*

Ela retransmite a falsidade, pois se a conclusão é falsa, então, uma ou mais premissas são falsas.

Primeira premissa: *Todos os cães são mamíferos*

Segunda premissa: *A amblygaster sirm é um cão*

Conclusão: *A amblygaster sirm é mamífero*

Neste caso, verificamos que há retransmissão da falsidade da conclusão porque a segunda premissa é falsa, uma vez que a amblygaster sirm é uma variedade de peixe.

Ela não retransmite a verdade, pois, a partir das premissas falsas, se obtém conclusões verdadeiras.

Primeira premissa: *Todos os metais são condutores*

Segunda premissa: *O sal da cozinha é metal*

Conclusão: *O sal de cozinha é condutor*

Neste caso, a primeira premissa e a conclusão são verdadeiras e a segunda premissa é falsa. Na perspectiva de Popper, nenhuma teoria poderia ser considerada como verdade suprema, pois deve ser constantemente testada, uma vez que o conhecimento é construído por meio de conjecturas e de refutações.

5 As implicações da indução para o Ensino de Ciências e Matemática

O pensamento crítico de Popper sobre o indutivismo tem a sua implicação no processo do ensino e de aprendizagem. É de se referir que uma das incoerências do princípio de indução é a regressão infinita, a qual, para Popper (2013a), com base no conceito de “círculo vicioso” de Hume, apresenta a regressão infinita como uma das dificuldades para inferir enunciados universais de enunciados particulares. O princípio de indução, sendo decorrente da experiência, requer, para sua justificação, um princípio mais abrangente que lhe anteceda.

Popper (2013a) chama de “princípio de indução de segunda ordem”. E para justificar esse segundo princípio temos que admitir um princípio indutivo mais elevado, chamado de “princípio de indução de terceira ordem”, e assim por diante.

Isso leva a uma regressão infinita. Com base no argumento da regressão infinita, Popper (2013, p. 28) conclui, então, que “o princípio da indução tem de ser, por sua vez, um enunciado universal”.

Afim de refutar as críticas ao “princípio da indução”, o neopositivismo passa a relativizar a inferência indutiva com estritamente válida e a defende como capaz de atingir algum grau de confiabilidade ou probabilidade, ou seja, as inferências indutivas apresentam-se como inferências prováveis. Para Popper (2013, p. 29),

nada se ganha, aliás, tomando o princípio da indução não como 'verdadeiro', mas apenas como 'provável'. Em resumo, como todas as formas de lógica indutiva, a lógica da inferência provável, ou 'lógica da probabilidade', conduz a uma regressão infinita ou a uma doutrina do *apriorismo*.

A priori, isto é, sem recorrer à experiência. O apriorismo é uma concepção do racionalismo clássico, segundo a qual, “a verdade ou falsidade de proposições que fazem afirmações acerca da realidade também pode ser decidida (sob certas condições) por 'fundamentos racionais', logo, a priori, isto é, sem recorrer à experiência” (Popper, 2013a, p. 13). A indução favorece a ocorrência de erros conceituais, os quais podem ser identificados nas disciplinas curriculares e Popper (2018) afirma que os erros conceituais são inevitáveis no processo de ensino e aprendizagem e argumenta ainda que quando fazemos a análise cuidadosa das nossas produções, criticando as teorias já estabelecidas, isso possibilita a construção do conhecimento científico o seu aprofundamento.

Popper propõe a lógica dedutiva, todavia, ela não é uma receita pronta para substituir o princípio de indução, pois é necessário seguir certas regras para a verificação das premissas e da conclusão, porque, segundo o autor, nenhuma teoria poderia ser considerada a verdade última. O máximo que podemos dizer é que todas as observações que até agora resistiram aos testes e às tentativas de falsificação fornecem previsões cada vez mais precisas do que qualquer outra alternativa conhecida.

Na perspectiva de Darsie (2021), o sistema de ensino não deve se pautar pela cobrança de informações corretas aos alunos, mas que considere que os erros conceituais são inseparáveis do processo de ensino e aprendizagem e, por isso, eles podem ser inseridos na metodologia de ensino, pois os erros antecipam e revelam as dificuldades dos alunos e podem levar o professor a promover as

pesquisas na sala de aula. Nesse sentido, para Pinto (2000), não basta o docente retificar os erros dos alunos, é preciso que os erros sejam percebidos pelos alunos.

A análise crítica das teorias por meio das conjecturas e refutações coloca os sujeitos da aprendizagem na condição de problematizar o que é tratado na sala de aulas, levando o aluno a problematizar o seu próprio pensamento, promovendo, desse modo, a formação de sujeitos pensantes na educação, contribuindo, assim, para o desenvolvimento do pensamento crítico.

6 Contribuição da epistemologia de Popper em Educação inovadora

Num mundo cada vez mais tecnológico, os sistemas de educação, bem como os agentes nele intervenientes, são desafiados a inovar para que haja mais interesse no decurso do processo educacional, promovendo a identificação de novos problemas e de novas soluções. A inovação pode ser entendida como a implementação de um campo significativo no processo de ensino e de aprendizagem, devendo incorporar materiais, métodos, conteúdos e seus contextos implicados no ensino.

Entendemos que a epistemologia de Popper pode desempenhar um papel preponderante nesse campo de invenção educativa, na medida em que promove as capacidades dos intervenientes (professor e aluno) para o desenvolvimento do pensamento crítico. A partir do método de erro e acerto, o qual caracteriza a crítica como agente inseparável na construção do conhecimento, o sistema de educação pode integrar a crítica para a formação integral dos alunos, pois ninguém é possuidor da verdade.

Popper (2002) enfatiza a definição de uma escola ideal em que o discente seja o protagonista do processo do ensino e de aprendizagem e que não seja preparado somente para as avaliações ou a acumulação de aprovações em anos letivos, pois a educação vai além disso ao afirmar que:

Sonhava um dia fundar uma escola onde os jovens pudessem aprender sem tédio e onde fossem encorajados a colocar problemas e discuti-los; uma escola onde não havia respostas indesejadas às perguntas feitas; onde você não tinha que estudar apenas para passar nos exames (Popper, 2002, p. 53, tradução nossa).

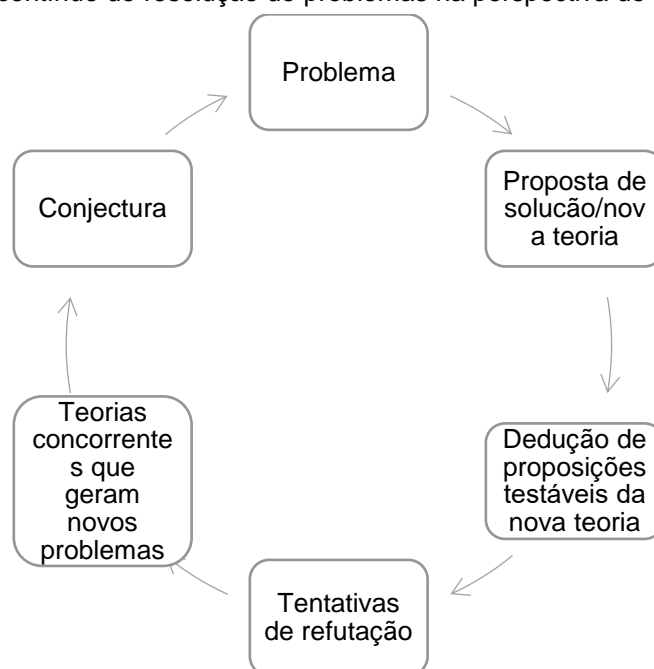
Na visão de Binanti (2001), o professor que deseja aprimorar o conhecimento deve adotar a teoria do racionalismo crítico, baseado na noção de falibilidade

humana, fazer os alunos raciocinar refutando as teorias, expondo os pontos de vista.

Está claro que o ensino tradicional considera o professor como agente detentor de verdades inquestionáveis e o aluno como um ser meramente passivo, cabendo a este a memorização das informações e ser preparado somente para o mercado de trabalho, como simples máquinas. A nosso ver, o ensino tradicional jamais pode contribuir para a formação de sujeitos íntegros e críticos, capazes de resolver os problemas das sociedades.

Na epistemologia de Popper, entendemos o papel do professor como estimulador e motivador, pois promove o levantamento de problemas, os quais devem ser transferidos para a vida cotidiana, e a solução desses problemas originam outros problemas, o que pode ser visualizado por um ciclo contínuo, conforme a figura 2.

Figura1: Ciclo contínuo de resolução de problemas na perspectiva de Popper



Fonte: Elaborada pelos autores a partir da proposta de Estrada (1989)

No ciclo da figura 1, compreende-se que o processo de ensino e de aprendizagem não deve ser de imposição educativa, contudo, deve promover a democratização do ensino, permitindo que o aluno saiba levantar as suas inquietações e propor as resoluções do seu mundo real, o que é sustentado por Sotomayor (2019) ao afirmar que:

[...] o crescimento do conhecimento se desenvolve por meio de um processo ativo, criativo e racional de conjectura e refutação, em vez da recepção passiva de informações. A instrução externa como meio de

educação é inadequada, pois o conhecimento não cresce pela recepção passiva da informação. Isso se traduz na consequência prática de que ninguém deve forçar as crianças a se submeterem ao ensino ou que as crianças nunca se interessam pelo que lhes é dito e ainda aprendem alguma coisa. A aprendizagem é um produto da atividade do aluno, não pela transmissão direta de informações de um professor (p. 29, tradução nossa).

Os professores devem levar os alunos a refletir sobre as suas próprias produções e olhar a crítica como integrante no processo de ensino e de aprendizagem, pois um conhecimento não questionado tem pouca utilidade para a formação integral dos discentes. O ciclo da figura 1, mostra que não existem verdades absolutas e que as “verdades” devem ser constantemente testadas, o que é referenciado por Popper (1981, p.26) ao afirmar que “as teorias são apresentadas tentativamente e são examinadas. Quando o resultado do exame mostra que a tentativa é falsa é rejeitada. O método de tentativa e erro é, na sua essência, um método de eliminação de escolha negativa de exclusão”.

7 Considerações finais

Tomando em consideração o nosso problema científico e o objetivo da pesquisa, concluímos que o princípio de indução consiste na generalização universal a partir de casos particulares. Essa generalização tem sido frequente nas aulas de ciências e Matemática e origina a ocorrência de erros conceituais e, mesmo que os erros sejam inseparáveis do processo de ensino e de aprendizagem, todos os intervenientes do processo educacional precisam refletir sobre as suas próprias produções, o que é sustentado por Cury (2019, p.19):

discutir os erros não é uma tarefa fácil, mas nem por isso se deve evitar o assunto, pois é responsabilidade dos formadores de professores quebrarem essa cadeia de mal-entendidos e proporcionar aos futuros docentes de matemática a oportunidade de olhar seus próprios erros, para, com base em uma discussão sobre eles, retomarem os conteúdos nos quais apresentam dificuldades que se não superadas, somente servirão para alimentar novas ocorrências de erros por parte de seus futuros alunos.

O erro é inevitável no processo de ensino e aprendizagem e nas aulas de Matemática, assim como em disciplinas de Ciências, e a sua discussão deve ser permanente no curso de formação de professores, pois quando os docentes questionam os formandos sobre as suas próprias produções, levam os mesmos a refletir sobre as suas realizações e promovem o desenvolvimento científico (Cury, 2019).

Pesquisas ligadas aos erros conceituais, devem ser trabalhadas nos cursos de formação de professores, “pois o professor que toma um erro como verdade, pode, com ele, contaminar todos os alunos que talvez ainda se sintam influenciados pelo mestre, quando, mais tarde, se tornem cientistas” (Maia, 2008, p.133).

O racionalismo crítico de Popper contribui para o desenvolvimento de conhecimento científico através das conjecturas e refutações e promove a formação de sujeitos criativos e críticos, pois, como afirma o autor, “o trabalho de um cientista consiste em elaborar teorias” (Popper, 2013), todavia, é necessário que essas teorias sejam colocadas à prova, seguindo os princípios das provas de testagem.

A visão de Popper, segundo Estrada (1989), na educação, pode ser resumida em três aspectos: o aluno compreende verdadeiramente uma ideia se tentar responder a um problema anteriormente vivenciado; a atividade do docente é estimular (motivar) o aluno a colocar os problemas e tentar resolvê-los; e ao aluno só pode ser dada uma ajuda caso ele precise.

Para Ghedin (2007), a epistemologia de Popper pode contribuir no Ensino de Ciências por meio da investigação, da interpretação de experiências e da resolução de problemas, despertando no estudante a vontade de aprender.

Nessa perspectiva, os professores de Ciências, assim como em qualquer área de saber, devem considerar os erros conceituais e a crítica às teorias como fatores integrantes no processo de ensino e de aprendizagem, e não basta o docente diagnosticar e corrigir os erros dos alunos, mas é preciso identificar as origens dos mesmos e que tais erros sejam percebidos pelos próprios alunos.

Referências

AVILA, Geraldo. **Análise Matemática para Licenciatura**. 3. ed. revista e ampliada Ed. Edgard Blücher (2006).

BACHELARD, Gaston. **A formação do espírito científico: contribuição para uma psicanálise do conhecimento**. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.

CASTRO, Maria Luiza Martins de; MOLINARI, Nelma das Graças. **Tipos de pensamentos matemáticos**. 2015, disponível em https://www.emdialogo.uff.br/sites/default/files/acao_e_reflexao_caderno_v_etapa_2.pdf

CURY, Helena Noronha. **Análise de erros: o que podemos aprender com as respostas dos alunos**. 3. ed. Belo Horizonte: Autêntica Editora, 2019.

DARSIE, Marta Maria Pontin (Org). **Avaliação no trabalho docente: Concepções e práticas em educação matemática.** Cuiabá: EdUFMT/FAPEMAT, 2010.

ESTRADA, Segura Juan. El modelo popperiano del aprendizaje. **Cuestiones Pedagógicas**, v. 6, n. 7, p. 189-199, 1989.

GHEDIN, Evandro. **O Ensino de Ciências e suas Epistemologias.** Boa Vista (RR): Editora da UFRR, 2007.

KÖCHE, José Carlos. **Fundamentos de metodologia científica.** 21. ed. Petrópolis (RJ): Vozes, 2003.

MAIA, Freire Newton. **Verdades da ciência e outras verdades: a visão de um cientista,** São Paulo: Editora UNESP, Ribeirão Preto, SP:SBG,2008.

OLIVEIRA, Maria Marly de. **Como fazer pesquisa qualitativa.** Petrópolis, RJ: Vozes, 2007.

POPPER, Karl. **A lógica da pesquisa científica:** Tradução Leonidas Hegenberg, Octanny Silveira da Mota. 2.ed. São Paulo: Cultrix, 2013.

POPPER, Karl. **Autobiografia Intelectual.** Tradução de Leonidas Hegeberg e Octang Silveira da Mota. São Paulo, Cultrix da Universidade de São Paulo,1977.

POPPER, Karl. **Búsqueda sin término. Una autobiografía intelectual.** Traducción de Carmen García Trevijano. Madrid: Tecnos, 2002.

POPPER, Karl. **Conhecimento Objetivo: Uma abordagem evolucionária:** Tradução de Milton Amado. Belo Horizonte: Ed. Itatiaia, 1999.

POPPER, Karl. **Conjecturas e Refutações.** Lisboa: Edições 70, 2018.

POPPER, Karl. **O racionalismo Crítico da Política.** Tradução de Maria de Conceição Corte-Real, Brasília Editora Universidade de Brasília, 1981.

POPPER, Karl. **Os dois problemas fundamentais da teoria do conhecimento.** Tradução de Antonio Lanni Segatto. 1. ed. São Paulo: Editora Unesp, 2013a.

RABELO, Edmar Henrique. **Textos matemáticos: produção, interpretação e resolução de problemas.** 3. ed. rev. e ampl. Petrópolis (RJ): Vozes, 2002.

SILVEIRA, Fernando Lang. A filosofia da ciência de Karl Popper: o racionalismo crítico. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v.13, n. 3, p.197-218, dez.1996.

SOTOMAYOR, Isabel Dans Álvarez de. Popper y el homeschooling: inspiración de una educación alternativa, **Revista Internacional de Éticas Aplicadas (DILEMATA)**, n. 29, p.7-20, 2019.

TORRE, Saturnino de la. **Aprender com os erros: o erro como estratégia de mudança.** Porto alegre: Artmed, Campinas: Papirus Editora, 2007.

TORRES, Velázquez Juan. **Fascículo de inducción matemática.** Facultad de Ingeniería, 2007.