



ANÁLISE DAS QUESTÕES DA PROVA DE III NÍVEL DA OLIMPÍADA BRASILEIRA DE ASTRONOMIA E ASTRONÁUTICA: CONTRIBUIÇÕES DA EPISTEMOLOGIA GENÉTICA

Maria Milena Tegon Figueira¹

Roberta Chiesa Bartelmebs²

Gustavo Iachel³

RESUMO: Este artigo é um recorte de uma pesquisa de mestrado, cujo objetivo foi verificar se as questões das provas do III nível da OBA estão adequadas a capacidade cognitiva de seus participantes. Categorizamos as questões de 2012 a 2022, de acordo com os conteúdos e as competências cognitivas exigidas nas questões, a partir do viés teórico da epistemologia genética. A escolha da prova do nível III se deve ao fato de abarcar crianças e adolescentes com idade e escolaridade de níveis diferentes (11 a 14 anos, 6º ao 9º ano, respectivamente). Essa pesquisa é de cunho misto (qualitativa e quantitativa) e a análise dos dados foi realizada por meio da Análise de Conteúdo de Bardin (2016). A análise pautou-se no estudo dos estádios de desenvolvimento cognitivo desenvolvidos por Piaget e colaboradores. As questões foram classificadas em estágio operatório concreto I, II e operatório formal. Das 157 questões investigadas, 62 foram classificadas no nível formal. Esse número é significativo, considerando que somente a partir dos 12 anos em média o indivíduo entra no estágio operatório formal, ou seja, 39% das questões provavelmente não serão resolvidas com êxito por alunos do operatório concreto.

PALAVRAS-CHAVE: Ensino de Astronomia; Epistemologia genética; Ensino Fundamental.

1 Universidade Federal do Paraná, Palotina, Brasil. E-mail: milenategon@gmail.com

2 Universidade Federal do Paraná (UFPR), Palotina, Brasil. E-mail: roberta.bartelmebs@ufpr.br

3 Universidade Estadual de Londrina (UEL), Londrina, Brasil. E-mail: iachel@uel.br

ANÁLISIS DE LAS PREGUNTAS DE LA PRUEBA DE TERCER NIVEL DE LA OLIMPIADA BRASILEÑA DE ASTRONOMÍA Y ASTRONÁUTICA: CONTRIBUCIONES DE LA EPISTEMOLOGÍA GENÉTICA

RESUMEN: Este artículo es un extracto de una investigación de maestría, cuyo objetivo fue verificar si las preguntas de las pruebas de nivel III de la OBA son adecuadas a la capacidad cognitiva de sus participantes. Categorizamos las preguntas de 2012 a 2022, según el contenido y las habilidades cognitivas requeridas en las preguntas, con base en el sesgo teórico de la epistemología genética. La elección de la prueba de nivel III se debe a que incluye a niños y adolescentes de diferentes edades y niveles de escolaridad (11 a 14 años, 6to a 9no grado, respectivamente). Esta investigación es de carácter mixto (cualitativa y cuantitativa) y el análisis de datos se realizó mediante el Análisis de Contenido de Bardin (2016). El análisis se basó en el estudio de las etapas de desarrollo cognitivo desarrollado por Piaget y colaboradores. Las preguntas se clasificaron en etapa operativa concreta I, II y operativa formal. De las 157 cuestiones investigadas, 62 fueron clasificadas en el nivel formal. Este número es significativo, considerando que sólo a partir de los 12 años en promedio el individuo ingresa a la etapa operativa formal, es decir, el 39% de las preguntas a lo mejor no serán resueltas exitosamente por estudiantes operativos concretos.

PALABRAS CLAVE: Enseñanza de Astronomía; Epistemología genética; Enseñanza fundamental.

ANALYSIS OF THE QUESTIONS OF THE THIRD LEVEL TEST OF THE BRAZILIAN OLYMPIAD OF ASTRONOMY AND ASTRONAUTICS: CONTRIBUTIONS OF GENETIC EPISTEMOLOGY

ABSTRACT: This article is an excerpt from a master's research, whose objective was to verify whether the questions of the III level tests of the OBA are adequate to the cognitive capacity of its participants. We categorize the questions from 2012 to 2022, according to the content and cognitive skills required in the questions, based on the theoretical bias of genetic epistemology. The choice of the level III test is because it includes children and adolescents of different ages and schooling levels (11 to 14 years old, 6th to 9th grade, respectively). This research is of a mixed nature (qualitative and quantitative) and data analysis was performed using Bardin's Content Analysis (2016). The analysis was based on the study of cognitive development stages developed by Piaget and collaborators. The questions were classified into concrete operational stage I, II and formal operational. Of

the 157 questions investigated, 62 were classified at the formal level. This number is significant, considering that only from the age of 12 on average does the individual enter the formal operational stage, that is, 39% of the questions will probably not be successfully resolved by concrete operational students.

KEYWORDS: *Teaching of Astronomy; Genetic epistemology; Elementary School.*

1. INTRODUÇÃO

Conforme apontam os estudos realizados por Housume, Leite e Carlo (2010), a Astronomia esteve presente em diferentes momentos da educação brasileira, especialmente nas suas investigações, desde meados do século XIX no currículo do Colégio Pedro II. Embora esparsada por diversos momentos em diferentes disciplinas, a presença da Astronomia sempre foi marcante no currículo brasileiro. Alteraram-se, ao longo das reformas curriculares, o espaço-tempo destinado a esses conteúdos. Com a criação da área de ensino no ano de 2000, um campo de estudos já emergente dentro dos estudos da área de Educação, as pesquisas sobre ensino e aprendizagem de ciências ganham um espaço formal para consolidar pesquisas e financiamento das agências de fomento do país.

O conhecimento acerca dos temas de Astronomia passa então a ser discutido dentro da área de Ensino, e surgem investigações sobre sua presença na sala de aula, especialmente na disciplina de Ciências no Ensino Fundamental. Os livros didáticos desta disciplina, por sua vez, eram escritos unicamente por profissionais da área das ciências biológicas, não havendo nenhum astrônomo em sua confecção ou revisão, fazendo com que erros conceituais graves fossem comumente encontrados, como apontado por Trevisan *et al.* (1997). Um segundo fator alarmante, que existe, é a precariedade da formação inicial dos docentes conforme destacado por diversos autores (LEITE; HOSOUIME, 2007; LANGHI; NARDI, 2010; BARTELMÉBS *et al.*, 2019). De acordo com Langhi e Nardi (2009), o ensino da Astronomia está a cargo da unidade curricular de Ciências, cujos professores, geralmente, são formados em Ciências Biológicas, curso que raramente discute o tema, ou quando o faz realiza de forma superficial.

Diante de tantos problemas, surge a Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica (OBA) em 1998, com o intuito de difundir a Astronomia no país, fomentar o interesse pelo aprimoramento do seu ensino nas escolas e promover o interesse dos jovens pelo estudo da Astronomia, da Astronáutica e de ciências afins (CANALLE, *et al.*, 2017).

A OBA é uma das olimpíadas mais consolidadas do Brasil, cerca de 800 mil estudantes participam anualmente da atividade, os resultados dessa olimpíada refletem muito além da competição científica, sendo inegável a importância da OBA, principalmente para as escolas públicas.

Ao realizar um estudo de revisão no âmbito das produções acadêmicas das instituições de ensino e pesquisa brasileiras acerca das discussões sobre a OBA, encontramos diversas publicações, mas estas, em geral, referem-se à relatos de experiência sobre cursos preparatórios para as provas. Algumas discussões com aprofundamento teórico sobre estas avaliações foram encontradas nos artigos Erthal e Vieira (2019) e Zárate *et al.* (2009). Além disso, algumas dissertações como a de Menezes (2018), Soares (2020); Garratini (2021) trazem reflexões importantes a respeito de aspectos que necessitam ser aperfeiçoados na OBA.

As provas da olimpíada evoluíram bastante desde o início da atividade, como apontam Zárate *et al.* (2009). As questões têm se direcionado mais para o tipo raciocínio, conhecimento e compreensão, e em contrapartida o número de questões que usam simples memorização de respostas vem caindo principalmente na prova de III nível.

Nesta perspectiva, apresentamos neste artigo os resultados de nossa investigação de mestrado⁴, a qual teve a seguinte pergunta de pesquisa: Estariam as questões presentes nas provas de nível III da Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica adequadas ao nível de capacidade cognitiva de seus participantes? A seguir apresentamos nosso referencial teórico a fim de elucidar algumas questões acerca do desenvolvimento cognitivo das crianças, para posteriormente pautarmos nossa análise empírica dos dados da OBA.

2. A EPISTEMOLOGIA GENÉTICA COMO TEORIA DO CONHECIMENTO

A base teórica dessa pesquisa está pautada na Epistemologia Genética de Jean William Fritz Piaget (1896-1980), um biólogo, epistemólogo e psicólogo suíço. Piaget foi um dos mais importantes pensadores do século XX, cujos estudos e

4 A dissertação completa pode ser encontrada em:
<https://acervodigital.ufpr.br/xmlui/handle/1884/82807>

contribuições para o campo da epistemologia mudaram a forma como a criança era vista (BARTELMEBS, 2014).

Com relação ao desenvolvimento da inteligência, Piaget posiciona-se contrariamente às teorias do apriorismo e do empirismo. Para ele, todo conhecimento ampara uma nova elaboração. O grande embate é como conciliar as novas elaborações, com o duplo fato da necessidade de serem elaborações e conquistas da objetividade. Dito de outra forma, o conhecimento é resultado de uma construção contínua, sendo concedido em virtude da mediação entre as estruturas internas e os objetos.

Nesse sentido, assim como para Piaget, entendemos que para aprender é necessário agir sobre o objeto, “conhecer é modificar e transformar o objeto, e compreender o processo dessa transformação e conseqüentemente compreender o modo como esse objeto é construído” (PIAGET, 1970, p. 1).

Nesse sentido, podemos sintetizar que, para Piaget, a inteligência é resultado de um processo dinâmico de equilíbrio entre a acomodação e a assimilação do organismo, ao qual Piaget chama de adaptação, ligada à hereditariedade geral. Por meio da organização e da adaptação de esquemas iniciam-se as primeiras expressões da vida psicológica. O autor classifica essa evolução do conhecimento em estádios⁵. Piaget considerava que o desenvolvimento das funções cognitivas, afetivas e de representação era marcado por períodos bem delineados, por isso em sua teoria ele chamou de estádios de desenvolvimento as etapas do desenvolvimento cognitivo. Piaget (1970) estabeleceu basicamente quatro estádios de desenvolvimento, os quais podem ser divididos em subestádios. É importante ressaltar, como afirmam Silvério, Sitko e Polizel (2023, p.25), que: “[...] o teórico deixa claro que ela não se ancora em idades específicas para que cada estágio ocorra, assim como não se limita a analisar um indivíduo isolado e sim sua relação de aprendizagem com o meio”. Ou seja, embora dividindo em idades aproximadas, em nenhum momento em sua obra encontramos a ideia fixa de que é neste ou

⁵ Optamos por utilizar o termo estágio, recentemente atualizado em traduções das obras de Piaget, pelo professor Lino de Macedo (USP) e também pelo professor Fernando Becker (UFRGS). O termo estágio faz referência a uma ideia de preparação para o que vem depois, o que não representa o conceito original de *stade* utilizado por Piaget. Os estádios do desenvolvimento da inteligência na criança são etapas não transponíveis umas às outras, mas, sim, assimiláveis, sendo que um estágio está incorporado no outro, num sentido de ampliação de uma construção e não de uma substituição de um nível pelo outro (BARTELMEBS, 2016).

naquele momento que se consolida a aprendizagem. E ainda, respondendo a críticas que a teoria recebe (BARTELMÉBS, 2014; BARTELMÉBS, OLIVEIRA, FIGUEIRA, 2022), o objeto da teoria é o sujeito epistêmico, e não o sujeito psicológico, o que possibilita um olhar amplo para o desenvolvimento cognitivo humano.

Os estádios elaborados por Piaget e colaboradores foram o sensório-motor, pré-operatório, operacional concreto e operacional formal. A fim responder nosso problema de pesquisa, e pelo curto espaço de um artigo, vamos nos pautar em nossa análise, apenas nos dois operacional concreto e operacional formal, os quais apresentamos a seguir.

ESTÁDIO OPERATÓRIO CONCRETO

O estágio sucessor ao pré-operatório é o operatório concreto, que em média acontece dos 7 aos 11 anos de idade. Segundo Piaget, as crianças do estágio das operações concretas podem utilizar operações mentais para resolver problemas concretos (reais).

Também a criança passa de simples ações interiorizadas para ações interiorizadas reversíveis, o que Piaget (1970) chama de operações. A lógica reversível permite que a criança consiga pensar sobre as consequências de suas ações.

A criança terá um conhecimento real, correto e adequado de objetos e situações da realidade externa (esquemas conceituais), e poderá trabalhar com eles de modo lógico. Assim, a tendência lúdica do pensamento, típica da idade anterior, quando o real e o fantástico se misturam nas explicações fornecidas pela criança, será substituída por uma atitude crítica (RAPPAPORT, 1981, p. 72).

Sendo assim, seu intelecto passará a operar de forma evolutiva, instigando o raciocínio efetivo com a realidade, e de maneira mais ágil, tendo capacidade de organizar e coordenar estruturas de pensamento com maior estabilidade. Para isso, não somente a maturação biológica irá contribuir, mas os estímulos que recebeu do

meio no qual estava inserido, portanto, configurando-se esta visão teórica como um interacionismo radical (BECKER, 2012).

Piaget divide o estágio operatório concreto em dois subníveis. O primeiro acontecesse em média dos 7 aos 8 anos, e o segundo nível em média dos 9 aos 11 anos. Apresentaremos a seguir as principais características dos dois subestádios.

O PRIMEIRO NÍVEL DO ESTÁDIO OPERATÓRIO CONCRETO

Várias características muito gerais distinguem a lógica da criança nesse estágio operatório concreto daquela que será constituída durante o período pré-adolescente (entre 12 e 15 anos). Em primeiro lugar, essas operações são “concretas”, ou seja, ao usá-los, a criança ainda utiliza razões em termos de objetos (classes, relações, números, etc.) e não em termos de hipóteses que podem ser pensadas antes de saber se são verdadeiras ou falsas (PIAGET, 1970). No caso do conhecimento das operações, encontramos-nos diante de um processo que envolve a fusão em um único ato das antecipações e retroações, o que constitui a reversibilidade operatória (PIAGET, 1970).

Um exemplo citado por Piaget (1970) é o processo de ordenar uma dezena de varetas pouco diferentes entre si. Os sujeitos do primeiro nível pré-operatório comparam as varetas por pares ou por trios, mas sem poder em seguida ordená-las numa única série. Os sujeitos do presente nível utilizam um método exaustivo que consiste em procurar em primeiro lugar o elemento menor, em seguida o menor dos que restam, etc. Com o efeito, o sujeito orienta suas manipulações num único sentido de percurso (“menor que” ou “maior que”) e se vê confuso quando questionado quanto a outro sentido possível (PIAGET, 1970).

A causalidade a partir dos 7 a 8 anos consiste na atribuição das operações em si mesmas a objetos cujas ações tornam-se explicadas de maneira mais ou menos racional. De forma geral, nesse estágio surge a capacidade de a criança interiorizar ações de forma reversível.

Em síntese, nesse nível inicia-se a organização lógica do pensamento, entretanto a ação mental está voltada ainda para o concreto, ou seja, a criança consegue pensar em termos de objetos ou experiências já vivenciadas. Isso implica que a matemática para crianças nesse estágio é sempre em cima de problemas concretos, como: “Maria comprou 10 maçãs e deu 4 para Pedro, com quantas maçãs Maria ficou?”. Outro aspecto importante nesse estágio refere-se ao aparecimento

da capacidade de a criança realizar ações interiorizadas reversíveis, ou seja, ela consegue pensar a ação e a anulação dessa ação. Dessa forma, ela consegue planejar o que vai fazer e voltar exatamente ao ponto de partida.

O SEGUNDO NÍVEL DAS OPERAÇÕES CONCRETAS

Nesse período do operatório concreto, a criança pensa de maneira lógica e concreta, ou seja, depende de experiências concretas, perceptivas para desenvolver o raciocínio lógico. Goulart afirma que (2005) nesse estágio a criança também já desenvolve noções de tempo, espaço, velocidade, ordem e causalidade.

A novidade desse subestádio relaciona-se com o domínio das operações espaciais. A partir dos 7 a 8 anos, constituem-se certas operações relativas às perspectivas e às mudanças de ponto de vista de um mesmo objeto do qual se modifica a posição em relação ao sujeito (PIAGET, 1970).

Todavia, será por volta dos 9 ou 11 anos que acontecerá a coordenação dos pontos de vista em relação a um conjunto de objetos, por exemplo, três prédios que serão observados em diferentes situações. De forma semelhante, as medidas espaciais de uma, duas ou três dimensões originam a construção de coordenadas naturais que as englobam num sistema total, ou seja, as crianças nessa fase podem considerar duas ou três dimensões simultaneamente em vez de sucessivamente. Para exemplo, no experimento de líquidos, a criança percebe ao baixar o nível do líquido que o prato é mais amplo, vendo as duas dimensões ao mesmo tempo (PIAGET, 1970). A criança consegue então ter uma visão ampla e imaginar o objeto a partir de diferentes perspectivas e em todas as suas dimensões.

Com relação às operações lógicas, a partir dos 7 a 8 anos, o sujeito é capaz de elaborar estruturas aditivas e multiplicativas, “a saber, tabelas com registros duplos (matrizes) comportando classificações segundo dois critérios ao mesmo tempo, correspondências seriais ou seriações duplas”, portanto, por volta dos 9 a 11 anos conseguem dominar as quatro operações básicas (PIAGET, 1970, p. 152).

Dos 9 a 11 anos, quando se trata de separar as dependências funcionais num problema de indução, observa-se uma capacidade geral de destacar covariações quantitativas, sem ainda dissociar os fatores, como será o caso no estágio seguinte, mas pondo em correspondência relações seriadas ou de classes. A fim de exemplo, citamos o estudo de Inhelder e Piaget (1976), publicado no livro *Da lógica*

da criança à lógica do adolescente. No primeiro capítulo do livro, os autores realizam uma pesquisa sobre a constituição da lógica das proposições e para isso propõem um jogo parecido com a sinuca, realizado com participantes de diversas idades, cujo objetivo é que o sujeito formule e verbalize a lei de igualdade do ângulo de incidência e reflexão.

Nesse experimento, os sujeitos com idades entre 9 e 11 anos são capazes de quantificar todas as formas de posicionar o taco e os efeitos na bola, “portanto conseguem isolar todos os elementos necessários para a descoberta da lei de incidência e reflexão” (INHELDER; PIAGET, 1976, p. 7). Mas, apesar disso, não chegam à construção dessa lei, nem mesmo à sua formulação verbal. A razão para isso é que procedem por simples operações concretas de seriação e correspondência, sem procurar a razão dessa correspondência. Portanto, sabem agir de maneira correta, visando atingir os objetivos propostos no experimento, mas sem procurar as razões de suas ações. Isso acontece pois lhe faltam as operações formais para a construção de uma hipótese explicativa (INHELDER; PIAGET, 1976).

No domínio da causalidade, assiste-se a um progresso em relação ao subestádio anterior e ao mesmo tempo um aparente retrocesso. Começaremos pelos progressos. No nível dos 9 a 11 anos, as considerações sobre dinâmica e cinemática são dissociáveis. A criança entende o movimento, mas suas causas são fenômenos distintos e analogamente a variação da velocidade exige a intervenção de uma causa exterior, o que se pode simbolizar a força “ f ” se exercendo durante um tempo “ t ” e por uma distância “ d ”. Entretanto, apenas no estágio seguinte intervirá a aceleração.

Cabe aqui um parêntese a respeito da compreensão da inter-relação entre força, movimento e aceleração, uma vez que pesquisas mostram que essa compreensão não acontece de forma tão simples. Um estudo realizado por Faccio *et al.* (2019) sobre as concepções relacionadas com força, movimento com estudantes de cursos de Engenharia, mostrou que mesmo sujeitos adultos que já cursaram disciplinas de Física interpretam problemas de mecânica de maneira não newtoniana. Os resultados obtidos por Faccio *et al.* (2019) corroboram com os verificados por Silveira, Moreira e Axt (1992) e denunciam que as concepções alternativas ainda são um problema frequente e acompanham os estudantes até o ensino superior.

Voltando a se tratar dos progressos do segundo nível do estágio operatório concreto, há evolução também no domínio da causalidade, porém vem

acompanhado de um aparente retrocesso, pois o sujeito levanta uma série de problemas que ainda não pode dar conta de resolver.

Por exemplo, a noção de peso é ainda um pouco confusa no presente nível. Dependendo do problema, a criança considera o peso enquanto propriedade invariante dos corpos e, em razão disso, a conservação do peso diante de mudanças de forma do objeto começa precisamente neste nível, assim como as seriações, transitividade e outras composições operatórias aplicadas a essa noção (PIAGET, 1970).

Mas uma concepção também identificada nesse nível é a que julga que o peso é variável ao sustentar, por exemplo, que em certos casos o peso “pesa” mais que em outros, o que nem sempre é falso, porém é uma afirmação ainda muito arbitrária, pois apenas no estágio seguinte haverá a compreensão da “composição do peso com as grandezas espaciais (comprimentos, superfícies ou volumes com as noções de momento, de pressão, densidade ou peso relativo, e sobretudo de trabalho)” (PIAGET, 1970, p. 153).

Se, por um lado, as operações lógico-matemáticas, principalmente a noção espacial, chega em seu equilíbrio de estado em razão de suas generalizações, por outro, essas operações ainda estão muito limitadas a operações concretas ligadas ao que é tangível ou às experiências da criança.

Consequentemente, embora a criança nesse estágio tenha a estrutura para compreender a relação de três corpos celestes no espaço e conseguir imaginar o objeto a partir de diferentes perspectivas e em todas as suas dimensões, isso é delimitado a situações e objetos concretos. Imaginar, por exemplo, o posicionando da Terra, do Sol e da Lua em um eclipse é uma situação que exige muita abstração, visto que trabalhamos com modelos, já que não é possível (ainda) levar as crianças para o espaço para ter a experiência de ver o arranjo espacial dos astros em um eclipse, assim como é bastante complexo para uma criança, nesse estágio, imaginar um astronauta na Lua ou um foguete no espaço.

Além disso, o duplo fato de procedem por simples operações concretas de seriação e correspondência, sem procurar a razão dessa correspondência, e o fato de ainda não terem acesso à estrutura da análise combinatória que se desenvolverá no estágio seguinte, torna a compreensão das estações do ano, por exemplo, abstrata demais para esse nível.

AS OPERAÇÕES FORMAIS

É o estágio das operações abstratas, o qual se inicia por volta dos 11-12 anos e segue até a vida adulta. Entretanto, não quer dizer que ocorra estagnação cognitiva, pois o sujeito seguirá ampliando seus conhecimentos. Nessa fase, o adolescente já distingue entre o real e o possível e passa a relacionar diretamente o possível ao necessário, ou seja, consegue raciocinar sobre hipóteses à medida que ele é capaz de formar esquemas conceituais abstratos e por meio deles executar operações mentais. Essa novidade foi observada por diversos estudiosos do assunto, que notaram o aparecimento da estrutura perto apenas dos 11 anos de idade (PIAGET, 1970).

O fato de o adolescente conseguir raciocinar sobre hipótese, portanto raciocinar sobre proposições e não apenas sobre objetos, permite ao sujeito pensar em consequência sem a verificação direta, tirada por meio de inferências. Trata-se de uma operação dedutiva que leva as hipóteses a uma conclusão (PIAGET, 1970).

O raciocínio hipotético permite também que o adolescente forme operações sobre operações, abrindo vias para o possível por meio da combinatória. A análise combinatória, por sua vez, possibilita que o adolescente se liberte da elaboração apenas por aproximação, presente no estágio anterior, então a partir daqui o indivíduo conseguem combinar todos os conjuntos possíveis. Além disso, outra novidade para esse nível é a necessidade de entender relações e estabelecer leis.

A fim de exemplificar a análise combinatória e o sentimento de necessidade desse estágio, retomamos a pesquisa de Inhelder e Piaget (1976) cujo problema é encontrar a lei de igualdade do ângulo de incidência e reflexão. Ressaltamos que nesse experimento os autores dividem os resultados em dois subníveis: nível III A (11 a 14 anos) e subnível III B (14-15 anos).

Percebe-se que no nível III A existe a correspondência concreta entre as inclinações e busca de uma hipótese geral, capaz de explicar as correspondências. No entanto, as hipóteses características do nível III A estão ainda muito perto de correspondências concretas, pois procuram “apenas exprimir o seu fator geral” (INHELDER; PIAGET, 1976, p. 6).

O que caracteriza o subnível III é uma nova exigência, pouco explícita no nível A: a necessidade de encontrar um fator, não apenas geral, mas também necessário, isto é, que seja capaz de exprimir, além das relações constantes, a razão de tais relações (INHELDER; PIAGET, 1976). Os sujeitos do nível III B não se contentam em

estabelecer uma correspondência nem em procurar um fator constante único, mas perguntam-se o porquê dessas correspondências. É essa busca de razão necessária que permite distinguir o pensamento formal, com suas operações de implicação ou de equivalência do pensamento concreto, com suas simples verificações de constâncias (INHELDER; PIAGET, 1976).

A diferença geral entre os dois últimos estádios é que as operações concretas, embora formadas por sistemas de conjuntos (classificações, seriações correspondências, etc.), vão de ligação a ligação, e passo a passo, sem considerar, em cada ligação específica, o conjunto das outras. O característico das operações formais é, ao contrário, considerar em cada caso todas as combinações possíveis e assim agrupar as ligações parciais em função contínua do conjunto das partes (INHELDER; PIAGET, 1976).

Essa habilidade combinatória é essencial para a compreensão de fenômenos da Astronomia, uma vez que para entender as estações do ano, por exemplo, existe a necessidade de combinar um conjunto de fatores, como a proporção do Sol em relação à Terra, o eixo de inclinação da Terra e a influência deste na incidência dos raios solares na Terra. Por outro lado, indivíduos do estádio das operações concretas podem ter dificuldade de compreender o fenômeno em razão da capacidade de fazer ainda ligações passo a passo, sem conseguir compreender o todo.

O adolescente que está no 6º ano tem em média 11 ou 12 anos, podendo estar ainda no nível operatório concreto. Já o adolescente do 9º ano, que tem em média 15 anos, possivelmente encontre-se no nível operatório formal, mas obviamente que isso é relativo, pois, como apontado anteriormente, a classificação nesses estádios pode variar de sujeito para sujeito. Dessa forma, apresentamos a seguir a metodologia que pautou a realização empírica de nosso estudo.

3. METODOLOGIA

Esse estudo tem como pressupostos três abordagens: a pesquisa mista, a Pesquisa Documental e a Análise de Conteúdo de Bardin (2016). Segundo Galvão *et al.* (2018), a pesquisa com métodos mistos combina os métodos de pesquisa qualitativos e quantitativos e tem por objetivo generalizar os resultados

qualitativos, ou aprofundar a compreensão dos resultados quantitativos, ou corroborar os resultados (qualitativos ou quantitativos).

Para realizarmos a análise das questões, utilizamos a Análise de Conteúdo (AC). Essa metodologia pode ser utilizada para descrever e interpretar o conteúdo de toda a classe de documentos e textos.

Optamos por elaborar categorias para essa pesquisa, para melhor organizar as informações, contribuindo, dessa forma, para a realização das inferências. Segundo Bardin, a categorização pode ser definida como:

[...] um conjunto de técnicas de análise das comunicações visando obter, por procedimentos, sistemáticos, e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens, indicadores (quantitativos ou não) que permitem a inferência de conhecimentos relativos às condições de produção/recepção destas mensagens. (BARDIN, 2016, p. 42).

As análises que apresentamos a seguir foram feitas com base nas provas do ano 2012 a 2022, totalizando 157 questões. Destas, 104 abordavam temas de Astronomia e 53 de Astronáutica, como demonstrado na Tabela 1. Esse foi o *corpus* ao qual submetemos a Análise de Conteúdo.

Ano da prova	Questões de Astronomia	Questões de Astronáutica
2012	8	8
2013	8	6
2014	10	4
2015	8	4
2016	13	3
2017	12	5
2018	13	6
2019	9	6
2020	7	3
	63	

2021	8	3
2022	8	5
Subtotal	104	53
Total	157	

Tabela 1 – Total de questões da OBA analisadas
 Fonte: Figueira (2023, p. 55).

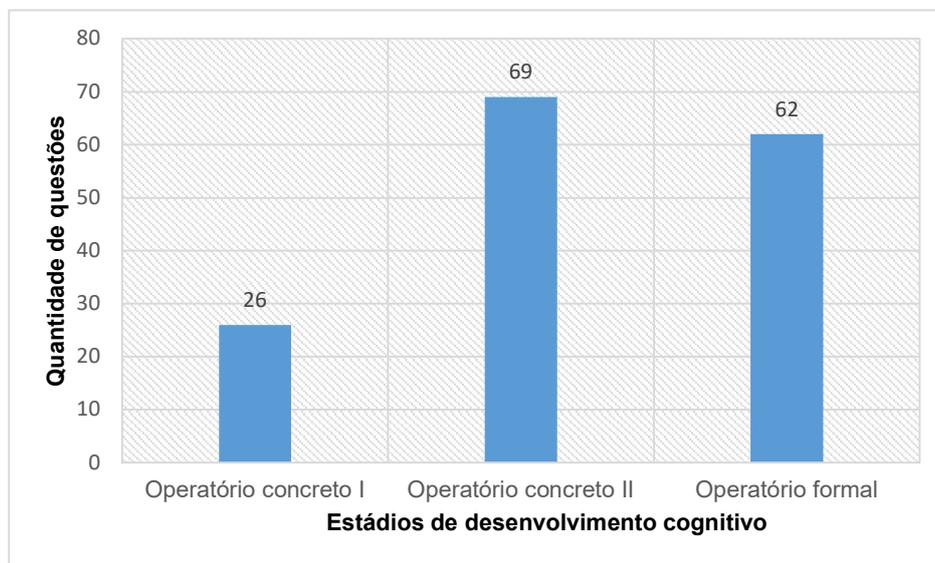
As provas de 2020, 2021 e 2022 contêm dois ou três modelos de uma mesma questão em que apenas se alteram a ordem das alternativas ou detalhes no texto. Nesses casos, para as análises, só consideramos um modelo de cada questão. Além disso, as questões foram codificadas da seguinte maneira: QXANO, sendo Q para questão, X para o número da questão da prova e ANO representa o ano de aplicação da prova. A seguir apresentamos os resultados de nossa análise.

4. DISCUSSÕES E RESULTADOS

No intento de entender se a prova da OBA está de acordo com o nível cognitivo dos estudantes, classificamos as questões das provas 2012 a 2022 em três estádios propostos na teoria piagetiana, a saber: estágio operatório concreto I, operatório concreto II e operatório formal.

As questões foram classificadas a partir das seguintes perguntas: Quais habilidades esta questão exige do(a) aluno(a)? E em qual estágio o(a) estudante já desenvolveu esta habilidade?

Em princípio, nossa hipótese era de que a maior parte das questões das provas era voltada para o estágio operatório formal. Entretanto, os dados disponibilizados no Gráfico 8 a seguir revelam que a maior parte das questões é de nível operatório concreto. Um detalhamento da classificação de cada questão nos estádios pode ser verificado na Figura 1 a seguir.



Fura 1: Classificação das Questões por Estádio

Fonte: Figueira (2022, p.59).

Reconhecemos como uma limitação dessa pesquisa o fato de não analisarmos quais temas de Astronomia seriam coerentes a cada faixa etária escolar de acordo com a Epistemologia Genética. Certamente essa questão poderá suscitar trabalhos futuros na área. Aqui, nos atemos em responder a duas perguntas: Quais conhecimentos o aluno deve ter para conseguir responder a essa questão? Em qual nível cognitivo o aluno já consegue dominar essa estratégia de acordo com a Epistemologia Genética?

Dessa forma, apresentamos a seguir um detalhamento das características das questões classificadas em cada estágio e quais habilidades cognitivas estas solicitam do estudante.

Questões do estágio Operatório Concreto I

As questões classificadas no estágio operatório concreto I são as mais simples, que não envolvem a necessidade de o estudante fazer cálculos, nem necessitam de muitos processos para serem resolvidas. São as questões de conhecimento direto como aquelas em que o estudante precisa buscar na memória a informação para resolver a questão, conforme exemplos abaixo:

(Q32014) Escreva CERTO ou ERRADO na frente de cada frase abaixo.
As estrelas têm a forma de uma bola.
A forma do Sol é igual à forma das outras estrelas.
O Sol é uma estrela.
Estrelas só brilham de noite.
Estrelas têm pontas.

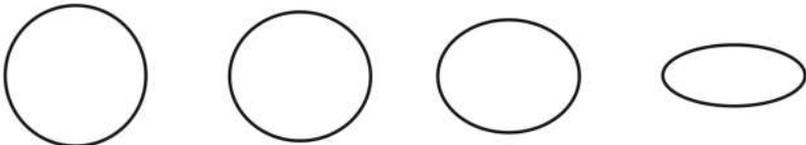
Figura 2 – Exemplo de questão da OBA do nível operatório concreto I (a)
 Fonte: Figueira (2023, p. 61).

(Q22018) Alguns dos pontos luminosos do céu brilham porque têm luz própria e outros porque refletem a luz do Sol. Ao lado do nome de cada astro ou objeto escreva LUMINOSO se ele tem luz própria e ILUMINADO se ele só reflete a luz do Sol.

Lua _____ Cometa _____ Galáxia _____ Estrela _____

Figura 3 – Exemplo de questão da OBA do nível operatório concreto I (b)
 Fonte: Figueira (2023, p. 61).

(Q52012) Faça um X na figura abaixo que melhor representa a órbita da Terra ao redor do Sol. Não há efeito de perspectiva, isto é, você está olhando tudo de “cima”.



The figure shows four geometric shapes representing potential orbits: three circles of varying sizes and one horizontal ellipse. The circles represent circular orbits, while the ellipse represents an elliptical orbit.

Figura 4 – Exemplo de questão da OBA do nível operatório concreto I (c)
 Fonte: Figueira (2023, p. 61).

Nesses exemplos, para resolver a questão, basta que o estudante tenha memorizado o conteúdo e o reconheça nas questões. Outros tipos de questões que se configuram como do operatório concreto I são as de nomear ou identificar Astros, como o exemplo a seguir.

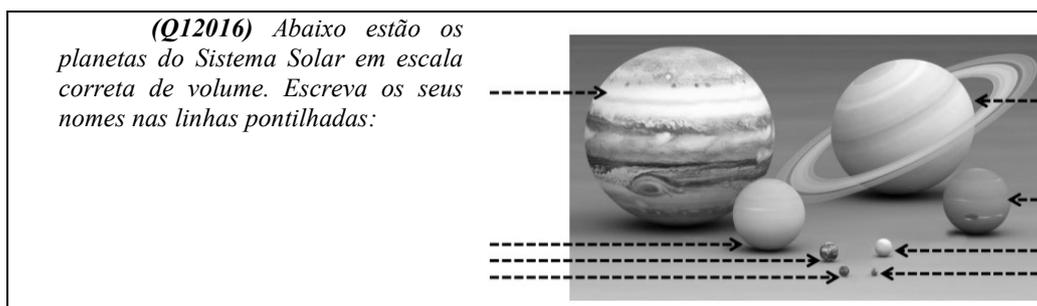


Figura 5 – Exemplo de questão da OBA do nível operatório concreto I (d)
Fonte: Figueira (2023, p. 61).

Os exemplos apresentados acima são questões que recrutam a memória do estudante, portanto desde que o aluno já tenha estudado aquele tema e guardado na memória o conteúdo, será simples a resolução da pergunta. Ainda, foram classificadas nesse estágio questões intuitivas, como a apresentada a seguir.

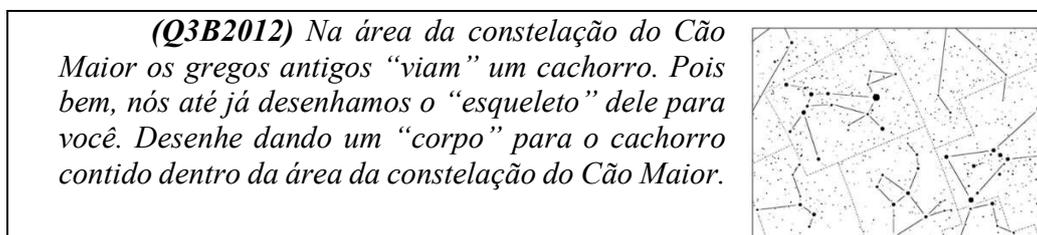


Figura 6 – Exemplo de questão da OBA do nível operatório concreto I (e)
Fonte: Figueira (2023, p. 62).

Entendemos por questões intuitivas aquelas que o estudante não necessita de conhecimento prévio na área de Astronomia e que o próprio exercício guia para a resolução que é bastante simples, portanto, não há nenhuma exigência conceitual, como na Questão Q3B2012 apresentada acima.

(Q82019) A empresa Visiona Tecnologia Espacial S/A, de São José dos Campos, SP, está desenvolvendo o nanosatélite VCUB1, de 10 kg, o qual operará em uma órbita polar situada a 500 km de distância da superfície da Terra. O VCUB1 é equipado com uma câmera para obter imagens da Terra. Numa câmera digital, a imagem é formada por pequenos quadrados, chamados de “pixels.” Quantos pixels possui a imagem mostrada ao lado?

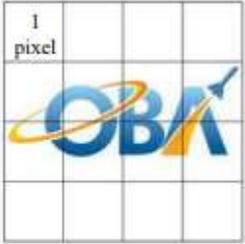


Figura 7 – Exemplo de questão da OBA do nível operatório concreto I (f)
Fonte: Figueira (2023, p. 62).

Outro tipo de questão intuitiva é a apresentada acima, quando o próprio desenho induz o estudante à resolução, que é bastante simples, bastando contar os quadrados da malha. Além disso, de acordo com a BNCC, no 4º ano do Ensino Fundamental, são trabalhados conceitos sobre áreas de figuras construídas em malhas quadriculadas.

Outra característica das questões que foram classificadas nesse estágio é o fato de serem questões que não requerem o domínio das relações espaciais. Dessa forma, são questões que não solicitam que o estudante pense a partir de diferentes pontos de vista, assim como não solicitam a reversibilidade (pensar na ação e na anulação dessa ação) do pensamento do estudante, o que Piaget chama de operações (PIAGET, 1970).

QUESTÕES DO ESTÁDIO OPERATÓRIO CONCRETO II

A principal característica desse estágio é a habilidade da criança pensar de forma lógica e concreta, ou seja, baseando-se no que é perceptivo e, portanto, não consegue abstrair a partir de objetos não vistos (PIAGET, 1970). Por isso, o operatório concreto II abarca as questões que apresentam dados e relações concretas, como perguntas sobre fenômenos possíveis de se visualizar no cotidiano,

como o movimento aparente do Sol e determinação das coordenadas geográficas, formato da Lua em diferentes fases e as características físicas das estações do ano.

Segundo Goulart (2005), na fase operatória concreta, a criança possui estruturas cognitivas consolidadas para o domínio das operações básicas, entretanto, cálculos de proporção, média ou porcentagem, por mais que sejam matematicamente simples, exigem um padrão de pensamento abstrato que só será atingido no estágio operatório formal. Além disso, esses conteúdos começam a ser introduzidos superficialmente no 6º ano, mas ainda serão mais bem trabalhados ao longo do 7º, 8º e 9º anos. Em razão disso, foram classificadas nesse estágio operatório concreto questões que solicitam cálculos básicos, como questões sobre os anos bissextos, ou área, conforme os exemplos apresentados a seguir.

(Q22012) *Escreva CERTO ou ERRADO na frente de cada frase.*

.....No verão de qualquer hemisfério a Terra está mais perto do Sol, logo ele parece maior.

.....Ao meio-dia ou bem perto disso um poste nunca tem (ou faz) sombra.

.....Não vemos a Lua nova porque ela está na sombra da Terra.

.....Podemos ver a Lua cheia até durante o dia, pois ela brilha muito.

.....No inverno de qualquer hemisfério a Terra passa longe do Sol e podemos vê-lo pequenininho no céu.

Figura 8 – Exemplo de questão da OBA do nível operatório concreto II (a)
Fonte: Figueira (2023, p. 63).

Há ainda questões que requerem a lógica operacional concreta, do domínio das relações espaciais e que também foram classificadas no estágio operatório concreto II, como os exemplos abaixo.

(Q62017) *Abaixo tem uma imagem do céu obtida a partir do software gratuito chamado STELLARIUM. Ela mostra uma região do céu, próxima do Polo Celeste Sul, na data de 19/05/17 (dia da prova da 20ª OBA). Os tamanhos das bolinhas pretas indicam o brilho das estrelas, isto é, bolinha preta grande significa que a estrela é bem brilhante.*

do Sul.

Pergunta 6a) Faça um grande X ocupando toda a área da constelação Cruzeiro do Sul.

6b) Faça uma seta (→) sobre a estrela mais brilhante do Cruzeiro do Sul.

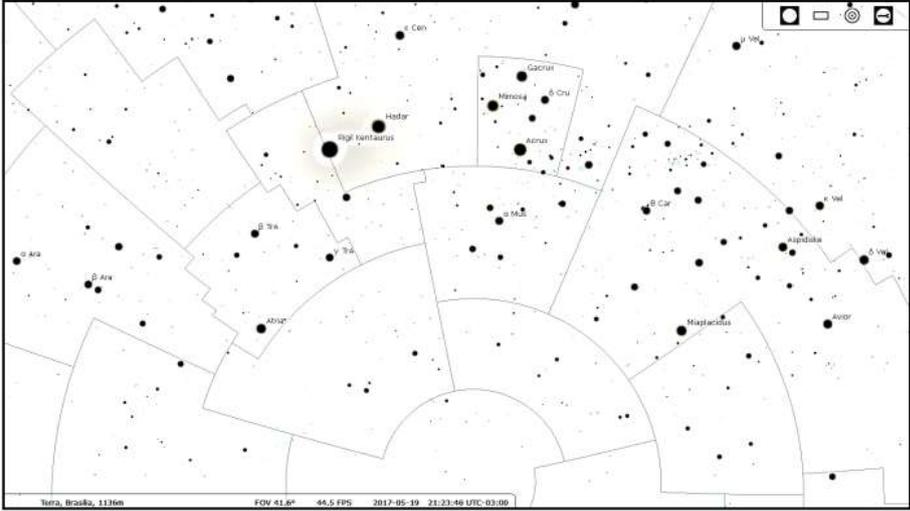


Figura 9 – Exemplo de questão da OBA do nível operatório concreto II (b)
 Fonte: Figueira (2023, p. 64).

Questões de interpretação de mapa celestes são bastante comuns na OBA e esse tipo de questão reproduz no papel uma imagem que pode ser observada no céu em determinada época do ano, portanto é uma relação concreta. A interpretação de mapas celestes, que solicita a identificação de estrelas, constelações ou exige que o estudante compreenda o movimento dos astros ao longo do ano, requer coordenação do referencial espacial e compreensão das coordenadas geográficas para que o estudante consiga realizar uma observação noturna regular durante o ano e de fato compreenda os mapas celestes.

Segundo Piaget (2003), o sujeito no operatório concreto tem a capacidade de desenvolver a abstração, entretanto depende de dados perceptíveis, ou seja, do mundo concreto. Vejamos mais um exemplo a seguir que exigem do estudante domínio de diferentes pontos de vista e abstração a partir do concreto.

(Q22016) *O planeta Terra é o mais bem estudado de todos. Ao lado tem o tradicional modelo dele montado num suporte. Pergunta 2a) Escreva sobre a figura ao lado onde está o Polo Geográfico Norte (PGN) e o Polo Geográfico Sul (PGS) e faça uma seta “→” indicando onde eles estão!*



Figura 10 – Exemplo de questão da OBA do nível operatório concreto II (c)
Fonte: Figueira (2023, p. 65).

Algumas questões da OBA que solicitam que o estudante apenas marque certo ou errado ou verdadeiro ou falso, por mais simples que pareçam, para que o estudante de fato selecione a opção correta, é necessária uma compreensão que vai além da questão. Um exemplo é questão a seguir, que solicita o pensamento espacial, compreensão das fases da Lua e a relação de iluminação de objetos.

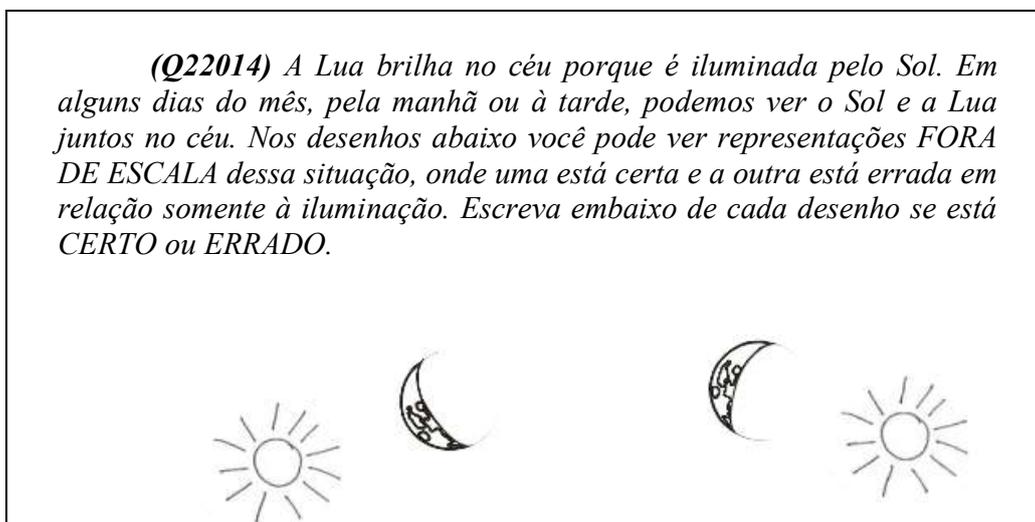


Figura 11 – Exemplo de questão da OBA do nível operatório concreto II (d)
Fonte: Figueira (2023, p. 65).

Segundo Leite e Hosoume (2009, p. 34), “[...] a coordenação de diferentes pontos de vista é um fator fundamental na construção do conceito de espaço”. Bartelmebs (2016) explica que compreender a Terra como corpo cósmico possibilita ao sujeito construir conhecimentos sobre os movimentos da Terra ao redor do Sol e, conseqüentemente, compreender noções de dia e noite, estações do ano e fases da Lua. Entretanto, compreender a Terra como um corpo cósmico no espaço implica outras habilidades cognitivas que transcendem o “egocentrismo” habitual do nosso ponto de vista terrestre (BARTELMÉBS, 2016). A superação de um ponto de vista “egocêntrico”, ou seja, compreender as coordenadas espaciais para além de uma referência centralizada em si implica na construção da inter-relação entre os conceitos de Terra como corpo cósmico, movimentos da Terra e do Sol (BARTELMÉBS, 2016).

A partir disso, acreditamos que por meio do processo de superação do ponto de vista egocêntrico, que permitirá a compreensão da Terra como um corpo cósmico, associado ainda à habilidade de coordenação de diferentes pontos de vista, já conquistado nesse estágio, pode permitir que o estudante nesse nível cognitivo

compreenda por meio de modelos concretos a relação da iluminação do Sol na Lua, possibilitando a compreensão de fenômenos como o dia e a noite, mas o fato de proceder por simples operações concretas de seriação e correspondência, sem procurar a razão dessa correspondência, além da ausência da lógica combinatória, dificulta a compreensão de temas como as fases da Lua, as estações do ano e o eclipse, mesmo com materiais concretos.

QUESTÕES DO ESTÁDIO OPERATÓRIO FORMAL

As questões em nível operatório formal são as mais complexas, pois exigem do estudante raciocínio lógico e apresentam dados que exigem padrões de pensamento abstratos sem apresentar dados perceptíveis (PIAGET, 1990).

Diante de uma tarefa formal, o adolescente já não está preocupado exclusivamente com o trabalho restrito de organizar a informação que recebe dos sentidos. Em virtude dessa nova propriedade, ele tem agora a capacidade potencial de conceber e elaborar quase todas as situações possíveis que poderiam relacionar-se ou coexistir com a situação dada, elaborando com maior precisão e exposição a resolução de determinado problema.

Os exemplos apresentados a seguir exigem do estudante o raciocínio lógico hipotético, raciocínio dedutivo, além de necessitar que ele pense diversas formas de resolução sem testá-las de modo concreto. Lembrando que realizam a prova do III nível crianças de 10 anos idade até adolescentes de em média 14 anos.

(Q7A2015) *Em 2014, Felipe Braga Ribas, jovem astrônomo do Observatório Nacional, descobriu, com a colaboração de outros astrônomos, o primeiro asteroide com anéis, Chariklo. O Chariklo move-se a 20 km/h e está entre as órbitas de Saturno e Urano. Chariklo passou na frente de uma estrela, conforme ilustra, esquematicamente, a figura abaixo à esquerda, e isso permitiu descobrir que ele tem anel, qual o tamanho e o raio do anel, bem com o tamanho do asteroide etc.*

A figura acima à direita mostra o brilho da estrela ocultada pelo Chariklo. Note que ela tinha um brilho constante, mas no instante A seu brilho caiu para quase zero, no instante B seu brilho foi para zero e no instante C seu brilho caiu pela metade, depois ficou constante novamente.

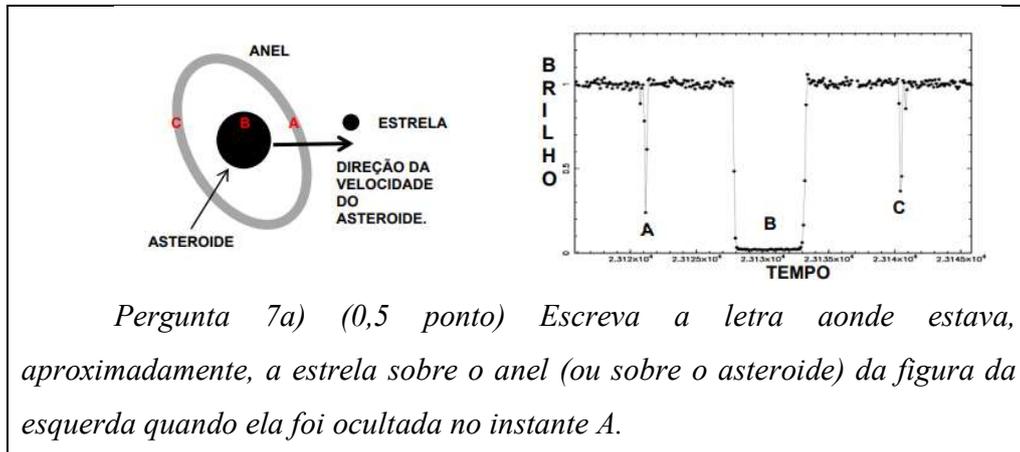


Figura 12 – Exemplo de questão da OBA do nível operatório formal (a)
 Fonte: Figueira (2023, p. 69).

A resolução da questão apresentada acima não é trivial e exige que o estudante se descole totalmente do concreto, sendo necessário que ele se posicione mentalmente no espaço e observe um asteroide com anéis passando em frente a uma estrela. Somado a isso, o estudante precisa compreender de que forma o brilho da estrela é ocultado pelo anel e traduzir essa representação para o gráfico apresentado na questão.

Imaginar a situação descrita na questão acima, bem como relacionar os dados apresentados no gráfico com o fenômeno enunciado, exige o pensamento abstrato e o raciocínio dedutivo que permitirão comprovar sistematicamente o valor de cada uma das hipóteses nas quais pensa.

Outro exemplo de questão que exige a habilidade de testar hipóteses mentalmente é a questão apresentada abaixo.

(Q92015) Voltando do 53º Encontro Regional de Ensino de Astronomia, EREA, realizado no Oiapoque, AP, no dia 21 de setembro de 2014, fomos visitar o Marco Zero. Bruna Senra, namorada do Leandro, estava tão feliz que ficou saltando de um Hemisfério para o outro e até se deitou de braços abertos sobre a linha de latitude zero do Marco Zero, de tal modo que o seu braço direito apontou para o Hemisfério Norte e o esquerdo para o Hemisfério Sul (Figura II). Eram 19h, e a Bruna, deitada como estava, avistou um satélite geostacionário (sim, ela tem ótima visão!) exatamente sobre ela, no zênite, orbitando a Terra. Este satélite está representado no ponto A da Figura III (lembre-se de que ela estava deitada no ponto 1). A Figura III é uma representação bem simplificada da Terra vista de um ponto acima do polo Norte. Faça um X sobre o ponto (1, 2, 3 ou 4) da Figura III em que a Bruna estaria à 01 hora da madrugada. Faça um Y sobre o ponto (A, B, C ou D) da Figura III onde estaria o satélite à 01h da madrugada.

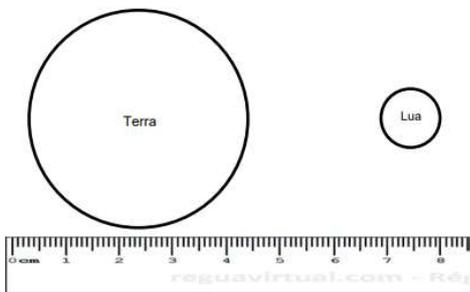
Figura 13 – Exemplo de questão da OBA do nível operatório formal (b)
 Fonte: Figueira (2023, p. 70).

Para resolver a questão acima, o estudante necessita descobrir quantos graus a Terra irá girar das 19 horas à 1 hora da manhã. Trata-se de interpretação de texto minuciosa e envolve a necessidade de trabalhar com símbolos puros para desenvolver o cálculo, não bastando apenas olhar para a figura. Assim, essa necessidade de abstração de um dado, ou mais, da imagem, e trabalhar hipoteticamente com o movimento da Terra, sua localização geográfica e a quantidade de graus que irá girar incide na necessidade de um estágio operatório formal para dar conta desse raciocínio.

Segundo Goulart (2005), no estágio operatório formal, onde acontece a abstração, o sujeito tem a capacidade de desenvolver maiores conhecimentos matemáticos,

como compensações complexas, razão, proporção e, posteriormente, probabilidade e indução de leis ou correlação. Na OBA, podemos encontrar diversas questões que envolvem a compreensão e o cálculo de proporcionalidade, como questões que envolvem regra de três, porcentagem, média, ou comparação entre grandezas como o exemplo apresentado abaixo.

(Q4A2013) Sabemos que o diâmetro aproximado da Terra é 12.756 km e o da Lua é de 3.476 km. Usamos estes dados para fazer a figura ao lado. Quantas vezes o diâmetro da Terra é maior do que o da Lua? Se preferir, use a régua ao lado.



(Q4B2013) A distância entre as superfícies da Terra e da Lua é de aproximadamente 384.000 km. Quantas Terras caberiam enfileiradas, lado a lado, entre ambas?

Figura 14 – Exemplo de questão da OBA do nível operatório formal (c)

Fonte: Figueira (2023, p. 71).

Na matemática, o conceito de proporcionalidade começa a ser trabalhado por volta do 7º ano. Segundo Cabral (2019, p. 180), “depois da aprendizagem das quatro operações fundamentais, consideramos a proporcionalidade um dos conceitos primordiais para a alfabetização matemática”, sendo o conhecimento muito utilizado no cotidiano. Entretanto, Cabral (2019) aponta que muitas vezes a matemática a ser ensinada é direcionada à simples memorização ou mecanização de leis, fórmulas e técnicas de resolução de exercícios. Esse tipo de atitude

corroborar para que o estudante não compreenda logicamente conceitos matemáticos.

Nos experimentos realizados por Inhelder e Piaget (1976), a noção de proporção é desenvolvida em média no estágio operatório formal. Os autores explicam que o problema da formação da noção de proporção é entender por que não se formam desde o nível das operações concretas, visto que consiste apenas em relações duplas ($x/y = x'/y'$). Segundo Inhelder e Piaget (1976), o esquema da proporção apresenta dois aspectos: um lógico e outro matemático, e para que de fato se compreenda matematicamente a proporcionalidade, é preciso a aquisição de esquemas de compensação por equivalência, que é característico do pensamento formal.

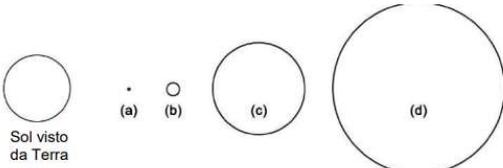
Ainda sobre o desenvolvimento do raciocínio matemático relacionado à proporção, Villagrán *et al.* (2001) realizaram um estudo com estudantes do Ensino Médio, com o objetivo de analisar as possíveis relações entre as realizações cognitivas alcançadas durante a fase de pensamento formal e a resolução de problemas matemáticos. Os resultados sugerem que os alunos com maior nível de pensamento formal são os que melhor resolvem problemas matemáticos. No entanto, apenas 36% destes foram capazes de resolver problemas onde os esquemas de proporcionalidade estão presentes. Os resultados sugerem que atingir o nível de raciocínio formal não é suficiente para saber como aplicá-lo em problemas matemáticos concretos, sendo necessário adquirir os conhecimentos específicos para tomar uma decisão correta.

Classificamos aqui também questões que abordam a necessidade de comparar grandezas diferentes, como: distância, velocidade e tempo, raio da estrela, luminosidade e temperatura; tamanho angular, diâmetro e distância média, visto que esses conceitos necessitam de pensamento hipotético e de manipulação de símbolos puros.

A aquisição da habilidade combinatória e da busca de razões para as relações do estágio operatório formal viabiliza a compreensão de temas como estações do ano, eclipses e fases da Lua. Nesses fenômenos citados anteriormente, além da capacidade de se imaginar fora da Terra e combinar diferentes pontos de vista, é necessária a combinação de diversos fatores para a compreensão completa dos fenômenos.

(Q22019) Na figura, o disco da esquerda representa o disco do Sol tal como ele é visto da Terra. Os quatro discos seguintes representam o Sol tal como ele é visto de outros quatro planetas do Sistema Solar.

Assinale a alternativa que apresenta os nomes dos planetas de onde se vê o disco do Sol como desenhados em (a), (b), (c) e (d):



() (a) Mercúrio, (b) Vênus, (c) Urano e (d) Júpiter.
 () (a) Júpiter, (b) Urano, (c) Marte e (d) Vênus.
 () (a) Urano, (b) Júpiter, (c) Marte e (d) Mercúrio.
 () (a) Urano, (b) Júpiter, (c) Vênus e (d) Mercúrio.

Figura 15 – Exemplo de questão da OBA do nível operatório formal (d)

Fonte: Figueira (2023, p. 72).

A questão Q42014 discorre sobre o fenômeno do eclipse e para respondê-las basta marcar “X” na resposta correta, entretanto o raciocínio por trás da resposta é complexo para uma criança que ainda não desenvolveu o raciocínio formal, isso porque, a compreensão dos eclipses exige a habilidade de combinar o pensamento espacial, o posicionamento dos astros e a projeção de sombras. Além disso, esse conteúdo, assim como as estações, é trabalhado apenas no 8º ano de acordo com a BNCC, o que corrobora com a ideia de ser um conteúdo complexo para crianças e pré-adolescentes do operatório concreto.

(Q42014) Simplificadamente dizemos que um eclipse do Sol ocorre quando a Lua passa na frente dele e o da Lua quando ela passa dentro da sombra da Terra, a qual é opaca e iluminada pelo Sol, como você sabe. Escreva C para certo ou E para errado na frente de cada afirmação abaixo:

() Eclipses lunares só ocorrem na Lua Cheia.
 () Quando os eclipses solares estão ocorrendo podem ser vistos por todos na Terra.
 () O tipo de eclipse representado esquematicamente na figura acima é um eclipse solar.
 () Os eclipses solares e lunares estão relacionados com os solstícios e equinócios, respectivamente.

FIGURA SIMPLIFICADA E FORA DE ESCALA

Figura 16 – Exemplo de questão da OBA do nível operatório formal (e)
 Fonte: Figueira (2023, p. 73).

(Q72020) Abaixo está o globo terrestre colocado em dois diferentes instantes ao redor do Sol, aproximadamente à mesma distância do Sol, porém separados por 6 meses. Entre eles está o Sol (desenhado esquematicamente e fora de escala) e os “raios solares”. Dado: Na figura HN = Hemisfério Norte e HS = Hemisfério Sul. As linhas tracejadas representam os Trópicos.

() VERÃO
 () INVERNO - No globo da esquerda qual é a estação do ano no HN?
 () VERÃO () INVERNO - No globo da direita qual é a estação do ano no HN?

Figura 17 – Exemplo de questão da OBA do nível operatório formal (f)
 Fonte: Figueira (2023, p. 74).

Segundo Bartelmebs (2016), a compreensão das estações do ano não é simples nem mesmo para sujeitos adultos. A autora explica que o simples fato de observar o Sol durante o ano não garante que o estudante compreenda o fenômeno, sendo necessária a construção de diversas noções complementares que auxiliem na compreensão dessa observação. A observação precisa ser precedida por anotações e perguntas, não bastando apenas “ver” o fenômeno para o compreender. Para isso é necessário combinar o movimento aparente do Sol no céu (diário ou anual) com o movimento da Terra, e fatores derivados como luminosidade (dia e noite) ou calor e frio (intensidade dos raios solares no trópico que se encontra o observador). Portanto, acreditamos que a compreensão das estações do ano exige o pensamento hipotético dedutivo além da habilidade de combinar diversos fatores.

Como apontado por Piaget (1987), o desenvolvimento do ser humano é um processo de evolução gradativa, que acontece a partir de estruturas organizadas, baseando-se principalmente no processo de assimilação e acomodação, portanto a aprendizagem é um processo gradual, em que o adolescente vai se capacitando seguindo uma sequência lógica.

A estrutura formal conquistada é constituída a partir da estrutura operatória, concreta. Por isso, entendemos que é necessário que o estudante construa a base da compreensão em Astronomia a partir de relações concretas, mas permanecer nas relações concretas inviabiliza a compreensão profunda de conceitos Astronômicos, visto que a maior parte dos conteúdos de Astronomia tem algum nível de abstração, pois a Astronomia inevitavelmente trabalha com modelos e previsões, não sendo possível manipular o Planeta Terra ou qualquer outro astro (BARTELMEBS, 2016).

Além disso, entendemos que é meta se desvencilhar do concreto pelos seguintes motivos: (1) no aspecto formal, a Ciência aplica-se ao universal e não somente ao particular (REALE, 2002); (2) a concretização de exemplos no ensino de Ciências passa a mensagem de que leis e teorias se aplicam a casos particulares, comprometendo, assim, a aprendizagem científica em longo prazo (CRATO, 2010).

Todavia, para Piaget, de acordo com Silva e Frezza (2011), os conteúdos influenciam fortemente as condutas. Os graus de novidade e complexidade das tarefas propostas perturbam operações lógico-matemáticas. Todavia, quando o sujeito atinge a adolescência e o que se chama de estágio das operações formais, isso não implica a garantia de que doravante operará formalmente sobre todos os objetos. Há um

detalhe imprescindível a ser considerado: as especificidades dos conteúdos. A disponibilidade de uma estrutura formal não basta por si só, pois é preciso ter esquemas construídos para significar os problemas (SILVA; FREZZA, 2011).

Isso explica por que é prejudicial para o estudante, em um nível operatório concreto ou mesmo do operatório formal, ter contato pela primeira vez com determinados conteúdos de Astronomia durante a prova, pois o grau de novidade do conteúdo pode impossibilitar a criança de responder à questão. Por isso, defendemos que seria interessante que todos os conteúdos presentes na prova estivessem de acordo com o currículo das escolas. Ao mesmo tempo, entendemos que os conteúdos de Astronomia, por recrutarem a lógica formal, podem auxiliar no processo de desenvolvimento cognitivo dos estudantes.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A trajetória deste estudo foi feita por caminhos delineados em torno do seguinte objetivo: Verificar se as questões presentes nas provas da Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica são adequadas ao nível de capacidade cognitiva de seus participantes?”. Essa busca por entendimentos sobre a adequação da prova da OBA nos levou ao estudo e à comparação das questões da olimpíada com a teoria cognitiva de Piaget.

De um total de 157 questões analisadas, 95 questões foram classificadas no estágio operatório concreto e são questões que possivelmente um estudante do 6º ano tem competência cognitiva para solucionar. Entretanto, outras 62 questões foram classificadas no estágio operatório formal, um número bem significativo considerando que, de acordo com a Teoria de Piaget, apenas a partir dos 11 ou 12 anos o pré-adolescente progride para o nível operatório formal.

Cabe ressaltar que Piaget não estabelece idades fixas para que cada sujeito atinja determinado estágio, uma vez que a evolução cognitiva depende de diversos fatores, assim, caso não haja incentivos cognitivos corretos, o pensamento formal pode nem ser desenvolvido. Além disso, como mostram algumas pesquisas discutidas nos tópicos de resultados, atingir o nível de raciocínio formal não basta para saber como aplicá-lo na Astronomia, sendo necessário adquirir os conhecimentos específicos para tomar uma decisão correta.

Os baixos índices de acertos na prova, podem ser indícios de que a prova não está totalmente coerente com os níveis cognitivos dos estudantes a quem é destinada a avaliação, sendo talvez necessária uma nova readequação da prova.

Ainda se faz necessário esclarecer que muitos outros fatores podem influenciar os baixos índices de acertos da prova e existe a possibilidade de que a OBA esteja denunciando um problema que vai muito além da prova, pois a dificuldade pode vir de uma defasagem na forma como as escolas estão preparando os estudantes para desenvolver o pensamento formal necessário para a compreensão dos conteúdos de astronomia. Portanto, dividir a prova do III nível em outros dois subníveis não resolve totalmente o problema em questão.

Infelizmente a OBA não disponibiliza a informação sobre os índices de acertos de cada questão da prova, o que impede de tornar ainda mais rico esse trabalho. Fica a sugestão para os organizadores da OBA, em contato com os professores responsáveis pelas correções das provas de cada escola, elaborem uma forma de disponibilizar o número de acertos de cada questão da prova, pois esse *feedback* pode auxiliar na própria elaboração das provas futuras da Olimpíada.

Ademais, esperamos que esse trabalho tenha contribuído para a área de Educação em Astronomia no que tange aos processos cognitivos de aprendizagem de temas astronômicos.

AGRADECIMENTOS

Sendo derivado da pesquisa de mestrado da primeira autora, que foi bolsista pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), os autores agradecem o apoio financeiro da instituição para a realização da pesquisa. Pela leitura atenta de os comentários construtivos a esta pesquisa, os autores também agradecem aos professores João Batista Siqueira Harres e a professora Mara Fernanda Parisoto.

REFERÊNCIAS

- BARDIN, L. (2016). *Análise de Conteúdo*. Edições 70.
- BARTELMEBS, R. C. (2014). Psicogênese e história das ciências: Elementos para uma epistemologia construtivista. *Revista Ensaio*, 16(2), 147-165.

- Recuperado em 24 fev. 2024 de <http://dx.doi.org/10.1590/1983-21172014160208>
- BARTELMEBS, R. C. (2016). *Ensino de Astronomia nos anos iniciais do ensino fundamental: Como evoluem os conhecimentos dos professores a partir do estudo das ideias dos alunos em um curso de extensão baseado no modelo de investigação na escola*. Tese de Doutorado, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul.
- BARTELMEBS, R. C., KITZBERGER, D. O., JEZUS, M. T., FIGUEIRA, M. M. T., & PANDINI, C. A. (2019). Modelos de significação sobre conteúdos de Astronomia: Considerações acerca de um estudo com professores de Ciências da Educação Básica. *Revista Eletrônica de Psicologia e Epistemologia Genéticas Schème*, 11(2), 34-79. Recuperado em 02 fev. 2021 de <https://revistas.marilia.unesp.br/index.php/scheme/article/view/9736>.
- BARTELMEBS, R. C.; OLIVEIRA, V. S. DA S.; FIGUEIRA, M. M. T. (2022). A epistemologia genética e a compreensão dos processos de aprendizagem de conceitos astronômicos na escola. In: *Schème*. Vol. 14, n.2, p. 226 – 256.
- BECKER, F. (2012). *Epistemologia do professor de matemática*. Ed. Vozes: Petrópolis, RJ.
- CABRAL, N. F., DIAS, G. N., & LOBATO, J. M. S. (2019). O ensino de razão e proporção por meio de atividades. *Ensino da Matemática em Debate*, (6), 155-179. <https://doi.org/10.23925/2358-4122.2019v6i3p155-179>. Acesso em 02 jan. 2023.
- CANALLE, J. B. G. et al. (2017). *XX Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica. Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica*. Rio de Janeiro: OBA. Disponível em: http://www.oba.org.br/sisglob/sisglob_arquivos/Relatorio%20da%20XX%20OBA%20-%202017.pdf. Acesso em: 18 set. de 2021.
- CRATO, N. (2010). *O educuês em discurso direto: uma crítica da pedagógica romântica e construtivista* (11a ed.). Lisboa: Gradiva.
- ERTHAL, J. P. C.; VIEIRA, A. S. (2019). Vinte anos de oba: uma análise da Evolução do exame ao longo dos anos. *Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia*, 27, 35-54. DOI: <https://doi.org/10.37156/RELEA/2019.27.035>. Acesso em: 12 dez. 2020.

- FACCIO, M. et al. (2019). Força e movimento: concepções alternativas no Ensino Superior. *Revista Educar Mais*, 3(2), 173-191. Disponível em: <https://periodicos.ifsul.edu.br/index.php/educarmais/article/view/1483>. Acesso em 27 jul. 2022.
- FIGUEIRA, M. M. T. (2023). *Análise das capacidades cognitivas dos conteúdos apresentados no III nível da olimpíada brasileira de astronomia e astronáutica* (OBA). Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Setor Palotina, PR, Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências, Educação Matemática e Tecnologias Educativas.
- GARRATINI, S. (2021). *Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica para o Ensino de Ciências no município de Curitiba*. Dissertação de Mestrado em Formação Científica, Educacional e Tecnológica. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba. Disponível em: <https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/25005>. Acesso em: 4 fev. de 2022.
- GALVÃO, M. C. B.; PLUYE, P.; RICARTE, I. L. M. (2017). Métodos de pesquisa mistos e revisões de literatura mistas: conceitos, construção e critérios de avaliação. *Revista de Ciência da Informação e Documentação*, 8(2), 4-24. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/incid/article/view/121879>. Acesso em: 2 abr. 2018.
- GOULART, I. B. (2005). *Piaget: experiências básicas para utilização pelo professor* (21a ed.). Petrópolis, RJ: Vozes.
- HOSOUME, Y.; LEITE, C.; del CARLO, S. (2010). Ensino de Astronomia no Brasil – 1850 a 1951 – um olhar pelo Colégio Pedro II. *Revista Ensaio*, 12(2), 189-204. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/eppec/a/mGQ3Z65v9X7xRjxN7V3swt/?lang=pt>. Acesso em: 10 fev. 2022.
- INHELDER, B.; PIAGET, J. (1976). *Da lógica da criança à lógica do adolescente*. São Paulo: Pioneira.
- LANGHI, R.; NARDI, R. (2010). Formação de professores e seus saberes disciplinares em Astronomia Essencial nos anos iniciais do ensino fundamental. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, 12(2), 205-224. Disponível em:

- <https://www.scielo.br/j/epec/a/rBkGV5RCPZbFxfX6mBP5hgD/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 22 abr. 2022.
- LEITE, C.; HOSOUME, Y. (2009). Explorando a dimensão espacial na pesquisa em ensino de Astronomia. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 8(3), 797-811.
- LEITE, C.; HOSOUME, Y. (2007). O professor de Ciências e sua forma de pensar a Astronomia. *Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia*, 4, 47-68.
- MENEZES, L.S.L. (2018). *A Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica e sua contribuição para o ensino de astronomia nos anos iniciais do ensino fundamental nas escolas da rede pública de São Bernardo do Campo*. Dissertação de Mestrado em Ensino e História das Ciências e Matemática, Universidade Federal do ABC, São Paulo(SP). Disponível em:
https://bdtd.ibict.br/vufind/Record/UFBC_3f632cec598aea1ef9146b2c524c5da8. Acesso em: 20 dez. 2021.
- PIAGET, J. (1987). *O nascimento da inteligência na criança*. Rio de Janeiro: Guanabara.
- PIAGET, J. (1970). *Epistemologia Genética*. Petrópolis: Vozes.
- RAPPAPORT, C. R.; FIORI, W. da R.; DAVIS, C. (1981). *Psicologia do Desenvolvimento*. São Paulo: EPU.
- REALE, M. (2002). *Filosofia do direito*. 20. ed. São Paulo: Saraiva.
- SILVA, J. A. da; FREZZA, J. S. (2011). Aspectos metodológicos e constitutivos do pensamento do adulto. *Educar em Revista*, n. 39, p. 191–205.
- SILVEIRA, F. L., MOREIRA, M.A.; AXT, R. (1992). Estrutura interna de testes de conhecimento em Física: um exemplo em Mecânica. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 10, n. 2, p. 187-194.
- SILVÉRIO, B. de A.; SITKO, C. M.; POLIZEL, A. L. (2023). A epistemologia genética no desenvolvimento da relação período-luminosidade de Henrietta Leavitt. In: *Revista Latino Americana de Educação em Astronomia*, n 35, p.22-40.
- SOARES, J. P. (2020). *Elaboração de uma componente curricular eletiva nas escolas em tempo integral (EEMTIS) do Ceará com foco na Olimpíada Brasileira de Astronomia (OBA)*. Pós-Graduação Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) da Universidade Federal Rural

- do Semiárido (UFERSA), Mossoró. Disponível em:
<https://repositorio.ufersa.edu.br/handle/prefix/5448>.
- TREVISAN, R. H.; LATTAR, C. J. B.; CANALLE, J. B. G. (1997). Assessoria na avaliação do conteúdo de Astronomia dos livros de ciências do primeiro grau. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v. 14, n. 1, p. 7–16.
- VILLAGRÁN, M. A.; GUZMÁN, J. I. N.; PAVÓN, J. M. L.; CUEVAS, C. A. (2002). Pensamiento formal y resolución de problemas matemáticos. *Psicothema*, v. 14, n. 2, p. 382-386.
- ZÁRATE, J. D. B.; CANALLE, J. B. G.; SILVA, J. M. N. da. (2009). Análise e classificação das questões das dez primeiras olimpíadas brasileiras de Astronomia e astronáutica. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física, Florianópolis*, v. 26, n. 3, p. 609-624. Disponível em:
<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2009v26n3p609/11141>.