



## DESENVOLVIMENTO DE UM INSTRUMENTO PARA AVALIAÇÃO DO CONHECIMENTO BÁSICO DE ASTRONOMIA NO CONTEXTO EDUCACIONAL BRASILEIRO

*Development of an Instrument for Assessing Basic Astronomy Knowledge in the Brazilian Educational Context*

**Marcos Paulo de Araújo Silva** [marcospaulo.fisica@outlook.com]  
*Programa de Pós-Graduação em Educação: Conhecimento e Inclusão Social  
Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)  
Av. Pres. Antônio Carlos, 6627, Belo Horizonte, Minas Gerais*

**Carlos Eduardo Porto Andrade** [cadu.cepadu@yahoo.com.br]  
*Escola de Engenharia  
Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)  
Av. Pres. Antônio Carlos, 6627, Belo Horizonte, Minas Gerais*

**Carlos Eduardo Porto Villani** [carlosvillani@ufmg.br]  
*Colégio Técnico da UFMG  
Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)  
Av. Pres. Antônio Carlos, 6627, Belo Horizonte, Minas Gerais*

### Resumo

Neste trabalho, apresentamos os resultados de um processo de adaptação de um instrumento de pesquisa desenvolvido para medir o nível de conhecimento básico de astronomia da população brasileira. Tal instrumento, denominado “Teste de Níveis de Conhecimento em Astronomia” (TNCA) foi desenvolvido no contexto da pandemia da Covid-19 e, por isso, foi organizado e veiculado na forma de um formulário eletrônico aos 57 estudantes e professores que participaram da pesquisa. O TNCA consiste na tradução e adaptação de todas as 27 questões de múltipla escolha contidas no *Test Of Astronomy Standards* (TOAST), fruto de mais de 20 anos de pesquisa, desenvolvido, validado e consolidado pelo *Center for Astronomy & Physics Education Research*, um renomado centro de pesquisas em Educação em Astronomia dos Estados Unidos. As mudanças realizadas nos itens originais se devem, além das particularidades linguísticas do idioma português, às especificidades do céu observado a partir do hemisfério sul do nosso planeta e, particularmente, do contexto geográfico e educacional brasileiro. O TNCA foi disponibilizado e distribuído em mídia digital a três grupos distintos compostos por estudantes do Ensino Médio, Licenciatura em Física e professores de Física, e o corpus da pesquisa foi analisado segundo a Teoria Clássica dos Testes. Esta análise permitiu comparar as concepções observadas em nosso teste, tanto com os resultados do instrumento original, quanto com os resultados de pesquisas em Educação em Astronomia. Nossos resultados evidenciaram uma forte compatibilidade entre os índices e indicadores de validação dos itens obtidos no TOAST e no TNCA, com identificação de problemas pontuais em apenas 4 das 27 questões analisadas. Assim, após a análise, adaptamos as quatro questões identificadas com menor potencial de validação para consolidar a versão final do TNCA. Essa nova versão apresenta-se como um instrumento promissor para futura aplicação em escala estatisticamente significativa visando sua validação enquanto instrumento de avaliação do conhecimento básico de astronomia em contextos de ensino de física e astronomia no Brasil.

**Palavras-Chave:** Educação em Astronomia; Avaliação e Validação de Testes; Níveis de Conhecimento em Astronomia; Metodologias Semiquantitativas de Análise Estatística.

### Abstract

In this work, we present the results of a process of adapting a research instrument developed to measure the level of basic astronomy knowledge among the Brazilian population. This instrument, called “Test of Levels of Knowledge in Astronomy” (TNCA), was developed in the context of the Covid-19 pandemic and, therefore,

was organized and disseminated in the form of an electronic form to the 57 students and teachers who participated in this research. The TNCA consists of the translation and adaptation of all 27 multiple-choice questions contained in the Test Of Astronomy Standards (TOAST), the result of over 20 years of research, developed, validated, and consolidated by the Center for Astronomy & Physics Education Research, a renowned research center in Astronomy Education in the United States. The changes made to the original items are due not only to the linguistic peculiarities of the Portuguese language but also to the specificity of the sky observed from the southern hemisphere of our planet and, particularly, the Brazilian geographical and educational context. The TNCA was made available and distributed digitally to three different groups composed of high school students, Physics undergraduates, and Physics teachers, and the research corpus was analyzed according to the Classical Test Theory. This analysis allowed us to compare the conceptions observed in our test with both the results of the original instrument and the results of research in Astronomy Education. Our results showed a strong compatibility between the validation indexes and indicators of the items obtained on TOAST and TNCA, with the identification of specific problems in only 4 of the 27 questions analyzed. Thus, after the analysis, we adapted the four questions identified with lower validation potential to consolidate the final version of the TNCA. This new version is presented as a promising instrument for future application on a statistically significant scale aiming at its validation as an assessment tool for basic Astronomy knowledge in physics and astronomy education contexts in Brazil.

**Keywords:** Astronomy Education; Assessment and Validation of Tests; Levels of Knowledge in Astronomy; Semi-Quantitative Methodologies of Statistical Analysis.

## INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, o ensino de astronomia nas escolas públicas brasileiras passou a chamar mais a atenção de pesquisadores da área de Educação em Astronomia. Tal movimento foi percebido na forma de um sensível aumento de produções acadêmicas, o que está refletido no crescimento do número de publicações de artigos sobre o ensino de astronomia. Investigações recentes em revistas e periódicos destacam ainda uma grande diversidade de temas e metodologias (Langhi & Nardi, 2009; Iachel & Nardi, 2010; Hansen & Zambon, 2024). Também observamos o mesmo movimento em trabalhos apresentados em eventos científicos da área (Brussi & Bretones, 2013; Kitzberger, Bartelmebs, Pandini, & Figueira, 2024), e na publicação de teses e dissertações (Gonçalves, Viveiro, & Bretones, 2024). Esses autores destacaram também outra problemática da interface entre a pesquisa em Educação em Astronomia e seu alcance na Educação Básica.

*“[...] não podemos afirmar necessariamente que as investigações estão alcançando as salas de aula. Isso tangencialmente não significa que estamos melhorando o ensino de Astronomia na Educação Básica, mas podemos considerar que existe um potencial para isso. Esses dados que apresentamos dialogam com as pesquisas que também realizaram levantamentos verificando a abordagem de temas e conteúdo e, de certa forma, com os documentos curriculares vigentes no período. É possível que, se os documentos de natureza curricular influenciam nos temas propostos nas pesquisas potencialmente haverá um crescimento de abordagem para os Anos Iniciais e uma maior discussão sobre temas como o Universo, Evolução Estelar e Astrobiologia, a partir da BNCC.” (Gonçalves et al., 2024, p. 11-12)*

Entretanto, apesar dos avanços no crescente número de pesquisas e dos potenciais de ampliação da discussão de temas de Astronomia nas escolas, ainda perduram, tanto o problema das concepções alternativas de professores e estudantes em Astronomia, quanto o problema da existência de erros em livros didáticos, discutido por pesquisadores há mais de uma década. De acordo com Shigunov Neto (2021), a deficiência de conhecimentos em Astronomia dos professores advém, principalmente, da raridade da presença de disciplinas obrigatórias associadas aos conteúdos gerais de astronomia nos cursos de pedagogia e licenciaturas de ciências naturais e, até mesmo de Física. Já os livros didáticos tradicionais optam por uma ênfase em detalhes teóricos que reforçam concepções espontâneas ou alternativas, como a ênfase da órbita elíptica em detrimento dos modelos que explicam efetivamente os fenômenos astronômicos, tais como as estações do ano além de erros conceituais em astronomia (Canalle, Trevisan, & Lattari, 1997).

Além disso, presenciamos também a consolidação de inúmeros temas de astronomia como conteúdos curriculares obrigatórios da área de Ciências da Natureza, com especial destaque para expressiva

presença dos conteúdos de astronomia na Base Nacional Comum Curricular (BNCC). Dessa forma, vieram à tona antigos desafios relativos às novas demandas de formação de professores para o ensino de tais conteúdos nas escolas brasileiras (Shigunov Neto, 2021) com destaque para a escassez de disciplinas obrigatórias de introdução à astronomia nos cursos de graduação brasileiros (Bretones, 1999). Porém, há indícios de que os poucos cursos oferecidos nas Instituições de Ensino Superior (IES) não são suficientes para formar professores de Ciências e Física. Segundo o estudo de Dias e Dias, Sitko e Langhi (2023), há uma desarticulação entre o currículo proposto nos cursos introdutórios de Astronomia analisados nas licenciaturas de IES e o conteúdo proposto pela BNCC. Ainda, essa desconexão também é caracterizada por uma carência de tempo para docência diante de um grande volume de conteúdos de astronomia a serem lecionados para professores em formação.

Todas essas problemáticas contribuem para o ensino de concepções errôneas ou alternativas ao conhecimento científico e desperta a necessidade de um acompanhamento mais cuidadoso dos processos de ensino e de aprendizagem destes conteúdos no Brasil. Apesar de encontramos, na literatura brasileira em Educação em Astronomia, testes padronizados que buscam caracterizar o domínio de conhecimentos conceituais e específicos dessa área, a confiabilidade de seus resultados ainda é questionável. Isso ocorre nos estudos sobre concepções alternativas, cujos resultados, por um lado nem sempre refletem todo o conhecimento conceitual do estudante sobre um determinado tema, mas, por outro lado, ainda são instrumentos que nos permitem compreender a existência de concepções distintas dos conhecimentos científicos. Nesse sentido, mesmo considerando que um instrumento avaliativo não possa determinar com precisão o nível de domínio que uma pessoa possui de um determinado conteúdo, devido a fatores externos aos processos avaliativos, não encontramos nenhum teste capaz de medir o nível de conhecimentos gerais de astronomia dos brasileiros. Dessa forma, recorreremos à literatura estrangeira para identificar um instrumento, construído especificamente para avaliar, ainda que de maneira indireta, na visão de cientistas, o nível de conhecimentos considerados mais gerais que, na visão deles, configuram o saber fundamental que todos os estudantes deveriam aprender na Educação em Astronomia.

Assim, perante a urgência delineada neste contexto, traduzimos e adaptamos todas as questões de um teste cuidadosamente concebido para investigar a qualidade de cursos de astronomia, com foco nos conhecimentos gerais desta ciência: o Test Of Astronomy Standards (TOAST). Sua escolha é justificada uma vez que este também surgiu no contexto da lacuna da literatura estrangeira com relação a ausência de um instrumento para medida do conhecimento básico mais geral de astronomia.

O TOAST foi desenvolvido e validado por Slater (2014) após a realização de uma pesquisa longitudinal de mais de 20 anos junto a especialistas em Astronomia e ensino nos EUA, membros do *Center for Astronomy & Physics Education Research* (CAPER), uma entidade sem fins lucrativos que atua na pesquisa em Educação em Astronomia nos EUA. A autora procurou estabelecer qual seria o conhecimento básico de Astronomia que todo cidadão americano deveria ter acesso ao longo de sua escolarização. Esse conhecimento foi concebido em um processo dialógico com a literatura em educação e ensino de astronomia que havia acumulado importantes contribuições acerca de concepções alternativas de vários conteúdos específicos desta ciência. Os resultados dessa primeira pesquisa culminaram na categorização de conteúdos gerais e, posteriormente, na criação e validação de questões cuidadosamente elaboradas para compor um instrumento global capaz de medir o nível de conhecimento básico de astronomia da população americana.

Posteriormente, Slater, Schleigh e Stork (2015) analisaram estatisticamente o desempenho de mais de mil estudantes, professores e astrônomos americanos nos critérios e metacritérios abordados em todas as 27 questões do teste, consolidando o TOAST como um instrumento robusto para a avaliação do conhecimento básico de astronomia. No entanto, a universalidade do teste não foi abordada, restando uma lacuna em relação a adaptação do TOAST em outros contextos educacionais e localidades no globo terrestre. Por isso, neste trabalho buscamos desenvolver uma tradução e adaptação do TOAST ao propormos a adaptação de um teste equivalente para o contexto do hemisfério sul e mais particularmente em língua portuguesa para a população brasileira.

Assim, iniciamos uma investigação coletiva sobre as características do conteúdo de todas as questões do TOAST abordando-os sob o ponto de vista do céu da cidade de Belo Horizonte visto a olho nu e com o uso do software Stellarium. Nossa abordagem inicial se deu no período da pandemia da COVID-19 resultando na introdução de um novo elemento no âmbito do desenvolvimento do teste: o uso de um formulário eletrônico para aplicação do teste à distância. Todas as questões do TOAST foram traduzidas e adaptadas ao contexto do céu tal como pode ser observado por um estudante no território brasileiro de forma individual

e independente por meio de discussões e análises entre os três autores do presente trabalho, compondo um formulário eletrônico do *Google Forms*, diferenciando-se do teste original, que foi aplicado presencialmente em papel e caneta. Nessa versão, tomamos o contexto local de Belo Horizonte, entretanto, o teste foi adaptado para ser utilizado em qualquer localidade dentro do território brasileiro.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade e a viabilidade do teste traduzido e adaptado para o contexto brasileiro que chamamos de **Teste de Níveis de Conhecimento em Astronomia (TNCA)**. Para isso, utilizamos os mesmos procedimentos e testes estatísticos disponibilizados na literatura para analisar um pré-teste desta primeira versão do TNCA para avaliarmos a qualidade e a validade de cada questão do nosso teste. Com isso foi possível comparar nossos resultados com os mesmos parâmetros analisados no trabalho original de Slater (2014) e Slater, Schleigh e Stork (2015), visando identificar problemas para refinar o teste antes de submetê-lo a futuros procedimentos de validação em escala estatisticamente significativa.

## REFERENCIAIS TEÓRICOS

### A Teoria Clássica dos Testes

Em conformidade com os processos de validação utilizados com o TOAST (Slater, 2014; Slater, Schleigh, & Stork, 2015), recorreremos à Teoria Clássica dos Testes (TCT). A TCT compreende conceitos e técnicas estatísticas que objetivam realizar medidas psicométricas de testes para verificar a consistência e a coerência de cada item individualmente e, também, do teste como um todo. Para isso, os escores que os indivíduos alcançam em cada item são comparados com o desempenho total de cada indivíduo no teste. De acordo com Sartes e Souza-Formigoni (2013, p. 2), a análise de itens de um teste através da TCT é um procedimento que envolve apreciar criticamente itens propostos de um teste, na qual dois índices são obtidos através de cálculos estatísticos: dificuldade e discriminação.

O primeiro índice, de dificuldade ( $D_i$ ), mede o grau de dificuldade de uma questão e aceita valores entre 0 e 1, sendo que quanto menor seu valor, mais difícil é o item. De acordo com Condé (2001 citado por Soares, 2018, p. 12), itens que possuem um índice maior que 0.70 são considerados fáceis; entre 0.30 e 0.70, possuem dificuldade moderada; e com índice menor que 0.30, são considerados difíceis. O índice é calculado conforme a equação abaixo, onde  $x_i$  é a quantidade de acertos no item, e  $n$ , o número total de respostas ao item.

$$D_i = \frac{X_i}{n}$$

Além desse índice, um dos avaliadores de qualidade que tem sido utilizado dentro da TCT é o coeficiente de correlação ponto-bisserial ( $r_{pb}$ ). Este coeficiente correlaciona o desempenho do indivíduo no teste e o desempenho do indivíduo no item, ou seja, uma correlação entre uma variável contínua (o desempenho do indivíduo no teste) e uma variável dicotômica (o acerto ou o erro deste indivíduo no item), que é calculado como a equação a seguir, onde  $\overline{X_p}$  é a média dos escores de alunos que acertaram o item,  $\overline{X}$  é a média dos escores de alunos que erraram o item,  $\delta_x$  é o desvio padrão total da amostra,  $p$  é a proporção de acertos e  $q$  é a proporção de erros.

$$r_{pb} = \frac{\overline{X_p} - \overline{X}}{\delta_x} \times \sqrt{\frac{p}{q}}$$

Outro índice também utilizado amplamente por professores e pesquisadores é o coeficiente alfa de Cronbach, criado em 1951 por L. J. Cronbach, e tem a finalidade de avaliar a confiabilidade de um teste através da sua consistência interna, na qual é pautada na correlação dos itens entre si e na correlação de cada item com o escore total do teste (Pilatti, Pedroso, & Gutierrez, 2010). Esse coeficiente pode ser calculado por uma função que relaciona as variâncias de cada questão e o número total de respostas.

Finalmente, para analisar a qualidade da tradução e adaptação de diferentes questões que avaliam o mesmo conteúdo, propusemos dois índices que oferecem uma nova perspectiva sobre a medida de dificuldade, coerência e domínio do conhecimento, como complemento à análise feita a partir da TCT.

### **O instrumento de análise de domínio e coerência de um conteúdo**

No artigo de Slater (2014, p. 7) foi realizada uma categorização dos itens em relação aos critérios que são avaliados no TOAST. Para analisar o TNCA, adaptamos o quadro de critérios estabelecidos por item em termos de conteúdos de Astronomia abordados em currículos escolares<sup>1</sup>. A categorização dos itens envolveu a tradução, reorganização e adaptação dos termos e expressões para facilitar a compreensão do que está sendo definido. Os critérios “Fusão Nuclear e Formação de Elementos Pesados”, que possui três questões, não foram levados em consideração desde o princípio, pois optamos por evitar uma classificação arbitrária dos pesquisadores com relação à dificuldade dos itens. Os conteúdos específicos com quatro itens foram divididos em dois novos conteúdos para adaptar ao modelo da categorização de pares de itens. No total, foram categorizados 12 conteúdos específicos, compreendidos em 3 conteúdos gerais, abrangendo 24 das 27 questões do TNCA, que podem ser vistos no quadro 1.

Assim, inspirados pelo trabalho de Slater, separamos pelos escores de acertos totais o item considerado mais fácil e o item mais difícil de cada conteúdo associado às diferentes questões do teste. Iniciamos o desenvolvimento do instrumento com criação de índices que pudessem relacionar de alguma forma as respostas aos itens de um único conteúdo avaliado, utilizando nosso teste como principal parâmetro de comparação no uso desse instrumento.

**Quadro 01** – Relação entre conteúdos avaliados e os itens do nosso teste

<b>Conteúdos gerais</b>	<b>Conteúdos específicos</b>	<b>Itens associados ao conteúdo específico</b>
<b>1 – Leis e Processos Físicos</b>	1 – Gravitação	20 e 21
	2 – Radiação Eletromagnética	23 e 27
	3 – Emissão e Absorção de Energia	25 e 26
<b>2 – Estrutura e Evolução do Universo</b>	4 – Estações do Ano	7 e 12
	5 – A Evolução do Universo	9 e 15
	6 – Escalas	10 e 11
	7 – Propriedades Físicas das Estrelas	13 e 14
	8 – Evolução Estelar	16 e 17
<b>3 – Modelos e Padrões do Céu e do Universo</b>	9 – Evolução e Estrutura do Sistema Solar	18 e 19
	10 – Modelos Relacionados a Fenômenos Diários	1 e 6
	11 – Modelos Relacionados a Fenômenos Anuais	2 e 4
	12 – Fases da Lua	3 e 5

Estabelecemos uma classificação que relaciona as respostas de um mesmo conteúdo específico de acordo com a coerência dos acertos e erros nos itens pertencentes a estes grupos. Assim, se um participante acerta os dois itens, a resposta é consistente, e demonstra muito domínio do conteúdo específico. No entanto, se ele erra ambos os itens, a resposta é consistente, porém não demonstra domínio do conteúdo específico. Em outro caso, se um participante acerta o item fácil e erra o item difícil de um mesmo conteúdo, essa resposta é considerada consistente, mas o participante demonstra pouco domínio do conteúdo específico. Finalmente, se o participante acerta o item difícil e erra o item fácil, a resposta é considerada inconsistente, uma vez que tal situação não nos permite avaliar um grau de consistência para o domínio do conteúdo específico. O quadro 2 apresenta essa categorização de forma mais sucinta. Após categorizarmos as respostas segundo o grau de consistência e domínio, estabelecemos dois indicadores numéricos para nos auxiliar na interpretação dos resultados do TNCA.

<sup>1</sup> Optamos por utilizar os termos “conteúdos específicos” e “conteúdos gerais”, substituindo os termos “critério” e “metacritério” utilizados por Slater (2014; 2015) nos seus artigos. Os dois conceitos que a autora emprega foram criados através de uma metodologia que envolve categorização através de análise por especialistas, o que vai além do conteúdo associado a cada critério. Assim, para realizar a análise de qual conteúdo foi predominantemente avaliado em cada questão, utilizamos termos mais próximos daqueles comumente utilizados na pesquisa em Ensino de Ciências no Brasil.

**Quadro 02** – Categorias de consistência e domínio de acordo com as respostas dos itens de cada conteúdo específico.

Grau de consistência e domínio	Descrição
RCM – Respostas consistentes e que demonstram muito domínio do(s) conceito(s)	O estudante acertou ambas as questões
RCP – Respostas consistentes e que demonstram pouco domínio do(s) conceito(s)	O estudante acertou a questão fácil, mas errou a difícil
RCN – Respostas consistentes e que demonstram nenhum domínio do(s) conceito(s)	O estudante errou ambas as questões
RI – Respostas inconsistentes	O estudante errou a questão fácil, mas acertou a difícil

O primeiro, indicador de dificuldade do conteúdo avaliado ( $D_c$ ), mede o grau de dificuldade do conteúdo avaliado sem considerar as respostas inconsistentes. O valor pode variar de 0 a 1, sendo que, quanto mais próximo de 1, mais fácil é o conteúdo avaliado, uma vez que, para o indicador igual a 1, todos os participantes acertaram as duas questões. Por outro lado, quanto mais próximo de 0, mais difícil é o conteúdo avaliado, uma vez que, para o indicador igual a 0, todos os participantes erraram todas as questões. Por isso, o total de respostas consistentes mas com pouco domínio de conteúdo (RCP) possuem, no numerador do indicador, a metade do peso do total de respostas consistentes que revela muito domínio de conteúdo (RCM). No denominador, é contabilizado o total de respostas consistentes, incluindo aí as respostas que, embora consistentes, não demonstram o domínio do conteúdo avaliado no par de itens considerados. A equação para calcular esse indicador é

$$D_c = \frac{RCM + \frac{RCP}{2}}{RCM + RCP + RCN}$$

Nesse indicador, o valor 0,5 apresenta uma dualidade. Por um lado, esse valor pode indicar que a quantidade de participantes que acertaram as duas questões, erraram as duas e acertaram a questão fácil e erraram a difícil é exatamente a mesma. Por outro lado, esse valor também pode indicar que todos os participantes acertaram a questão fácil e erraram a questão difícil, indicando que as questões estão mal formuladas para avaliar esse conteúdo. Nesses casos, é necessário utilizar um segundo indicador para auxiliar a interpretação dos resultados obtidos para cada conteúdo avaliado: o indicador de coerência das questões ( $r_c$ ).

O segundo indicador mede o quão coerente é um par de questões agrupadas. A coerência é definida como a proporção entre respostas de sujeitos que possuem o mínimo de domínio do conhecimento e as respostas inconsistentes, dado que esses pares possuem pelo menos um acerto em um dos itens. As respostas inconsistentes integram o numerador da equação pois essa resposta contribui de forma negativa para avaliar a coerência das questões avaliadas. Para isso, cada tipo de par de respostas possui um peso, no numerador, enquanto no denominador estão as respostas válidas acrescido a 1, para evitar casos em que o resultado da soma  $RCM + RCP$  iguala a zero.

$$r_c = 2 \times \left( \frac{RCM + \frac{RCP}{2} - RI}{1 + RCM + \frac{RCP}{2}} \right)$$

O multiplicador 2 torna os limites do indicador -1 a 1, sendo que quanto mais próximo de 1, mais coerente é o conteúdo. Um valor próximo de 0 indica que a coerência é indeterminada, pois as respostas corretas estão distribuídas de forma aleatória. Outra interpretação possível é que, pelo menos, uma das duas questões induz o participante ao erro. Assim, se o índice estiver próximo de 0 podemos inferir que uma das questões é mal elaborada e precisa ser revista. O índice -1 (negativo) mostra incoerência das respostas, ou seja, a amostra investigada não permitiu avaliar se o item é fácil ou difícil, em contraste com o que foi estabelecido previamente pela TCT.

O indicador de coerência desejado para um determinado par de itens é aquele cujo valor seja igual

ou maior à média dos índices de dificuldade ou ao indicador de dificuldade do conteúdo, pois é um indicador cujo cálculo também é baseado em frequências de respostas comparado a um valor total. Um indicador de coerência inferior a um indicador de dificuldade significa que, pelo menos, um dos itens deve ser revisado e, baseado nos outros índices, readaptado, pois demonstra que as respostas inconsistentes são significativas ao avaliar a qualidade dos itens e do conteúdo específico. Levando esses parâmetros em consideração, torna-se possível visualizar em um gráfico o perfil da amostra. A partir desse perfil, pode-se identificar nas tabelas os conteúdos potenciais cujos itens necessitam de modificações a fim de reduzir o número de respostas inconsistentes, para que o teste se torne mais coerente.

Os cálculos desses dois indicadores devem ser realizados a partir de uma tabulação das respostas conforme os passos a seguir.

- i. Extrair as respostas do teste, atribuir variáveis booleanas para cada item, sendo 1 para respostas corretas e 0 para respostas incorretas;
- ii. Atribuir o nível de dificuldade a cada questão, segundo a TCT;
- iii. Separar os itens de acordo com os conteúdos avaliados no teste;
- iv. Utilizar uma série de funções de contagem condicional para construir uma tabela que relacione as respostas de acordo com o quadro 02;
- v. Contabilizar o número de ocorrências nesta nova tabela com uma nova função de contagem condicional para obter a proporção dos tipos de respostas.

Assim, contabilizados os tipos de respostas, foi possível realizar cálculos diversos para cada um dos itens ou para todo o teste, como médias, frequências relativas e distribuições.

## **METODOLOGIA**

Para traduzir as questões do TOAST, realizamos uma leitura geral do teste no idioma original, onde todas as 27 questões foram analisadas de um ponto de vista semântico, avaliativo, socioeducacional e sociolinguístico. Posteriormente, utilizamos a ferramenta “Google Tradutor”, que é uma plataforma capaz de traduzir textos de qualquer tamanho em mais de cem idiomas e com razoável precisão sintática e gramatical. Entretanto, em função das especificidades dos conteúdos gerais de Astronomia abordado no teste, a ferramenta foi utilizada apenas como apoio à sua digitação em língua portuguesa, sendo o uso de expressões e termos técnico-científicos cuidadosamente avaliados e revistos individualmente por cada um dos três autores do artigo gerando três textos independentes. Em seguida, realizamos coletivamente a escolha da melhor redação de cada enunciado e das alternativas de múltipla escolha de todos os itens traduzidos, gerando a primeira versão da tradução do texto do teste. Vale salientar que os textos contidos nas imagens também foram traduzidos.

Durante esse processo, notamos que algumas questões necessitavam de alterações por motivos das diferenças de contexto educacional e geográfico, específicas das latitudes dos dois países, muito distantes um do outro, em hemisférios distintos no globo terrestre. A fim de avaliar metodologicamente essa necessidade, foram considerados dois parâmetros principais: os conhecimentos essenciais à correta resolução dos itens e o contexto cultural inerente aos enunciados. O primeiro parâmetro levou por princípio a correspondência entre os conteúdos cobrados no teste e o possível embasamento teórico e prático dos participantes da pesquisa, sob o pretexto de que qualquer alteração a ser feita deveria manter dificuldade semelhante à da questão original. E o segundo teve como ideia primordial a noção de que o teste todo foi desenvolvido por norte-americanos para ser aplicado a habitantes do hemisfério norte, o que é relevante no que tange assuntos da astronomia, visto que o céu visível varia com a latitude do observador. De forma semelhante, toda alteração realizada sob a avaliação cultural visou a manutenção do sentido e da dificuldade de cada um dos itens individualmente.

Por fim, as questões foram classificadas de acordo com o grau de alteração, desde os itens que foram traduzidos e não adaptados, até os itens que sofreram grandes mudanças, processo este que está descrito em detalhes a seguir.

### Tradução das Questões e Elaboração do Teste de Níveis de Conhecimento em Astronomia (TNCA)

O TNCA utilizou a plataforma Google Forms, como meio de veiculação e foi enviado a um total de 57 participantes divididos em 04 grupos distintos. Os dois primeiros grupos correspondem a 29 estudantes de ensino médio que, no período do ensino remoto emergencial (ERE), estavam inscritos na Olimpíada Brasileira de Astronomia em duas escolas públicas: uma escola técnica federal e outra estadual. O terceiro grupo corresponde a 03 professores que atuam no ensino médio e na graduação e que possuem envolvimento com a astronomia. Finalmente, o último grupo foi constituído por 25 alunos do curso de licenciatura em Física de uma instituição federal.

O teste original encontra-se como apêndice no artigo de Slater (2014, p. 19-22). No processo de tradução, foram feitas leituras globais do TOAST para compreendermos o estilo do teste, a estrutura comum dos enunciados, e as similaridades e diferenças entre alternativas. Posteriormente cada item foi discutido coletivamente, até o estabelecimento de um consenso, e transportado para o Google Forms. Durante o processo de tradução, dividimos os itens em três níveis de alterações ou modificações.

#### Adaptações de Questões, sem Alterações Significativas

Essas questões estão dentro de um contexto que não depende da localidade do observador, portanto, não fizemos alterações no sentido, no significado, na estrutura ou na ordem do texto, associados aos conceitos e conteúdos abordados. Preservamos ainda o comando e a ordem das alternativas. Os únicos ajustes necessários foram alterações gramaticais e sintáticas próprias da língua portuguesa, e que deixavam a questão mais coerente e coesa do que uma tradução livre com uso da ferramenta de tradução. Como exemplo desta forma de tradução/adaptação, apresentamos o quadro 03 a seguir.

**Quadro 03** – Questão 15 do TOAST (adaptada de Slater, 2014, p. 21)/Questão 15 do TNCA

18. If you were in a spacecraft near the Sun and began traveling to Pluto you might pass A. planets. B. stars. C. moons. D. two of these objects. E. all of these objects.	18) Se você estivesse em uma espaçonave perto do Sol e começasse a viajar no sentido Plutão, você poderia passar por A. planetas. B. estrelas. C. luas. D. dois dos objetos acima. E. todos os objetos acima.
---	--

#### Adaptações de Questões, com Pequenas Alterações

Nessa categoria se encontram questões que possuíam exemplos e referenciais celestes comuns ao céu do hemisfério norte, o que prejudicaria o entendimento do teste para moradores do hemisfério sul. Aqui também se incluem questões cujos enunciados se mostraram incompletos frente ao contexto educacional brasileiro, necessitando acréscimo de informação para uma boa compreensão. Ressaltamos, no entanto, que o contexto apresentado nas adaptações preserva integralmente o sentido da questão do teste original. Assim, foi realizada uma troca de termos e referenciais com características regionais e em alguns casos, inclusão de informações. Um exemplo dos itens que sofreram esse tipo de adaptação foi a questão de número 10 (quadro 04). A questão em inglês faz o uso da estrela polar em sua construção, que em geral, apenas pode ser vista por observadores em referenciais localizados no hemisfério norte do planeta. Foi então substituída pela constelação do Cruzeiro do Sul, que é mais familiar aos participantes do nosso estudo, sendo facilmente observada em referenciais no hemisfério sul, e representa o mesmo sentido no contexto da questão.

**Quadro 04** – Questão 10 do TOAST (adaptada de Slater, 2014, p. 20)/Questão 10 do TNCA

10. Which of the following ranks locations, from closest to Earth to farthest from Earth? A. the sun, the moon, the edge of our solar system, the north star, the edge of our galaxy B. the sun, the north star, the moon, the	10) Qual é a ordem que classifica, do mais próximo até o mais distante da Terra, os seguintes objetos celestes? A. O Sol, a Lua, a borda do nosso sistema solar, as estrelas do Cruzeiro do Sul, a borda da nossa galáxia.
--	---

<p>edge of our galaxy, the edge of our solar system</p> <p>C. the moon, the north star, the sun, the edge of our solar system, the edge of our galaxy</p> <p>D. the moon, the sun, the edge of our solar system, the north star, the edge of our galaxy</p> <p>E. the north Star, the Moon, the Sun, the edge of our galaxy, the edge of our solar system</p>	<p>B. O Sol, as estrelas do Cruzeiro do Sul, a Lua, a borda da nossa galáxia, a borda do nosso sistema solar.</p> <p>C. A Lua, as estrelas do Cruzeiro do Sul, o Sol, a borda do nosso sistema solar, a borda da nossa galáxia.</p> <p>D. A Lua, o Sol, a borda do nosso sistema solar, as estrelas do Cruzeiro do Sul, a borda da nossa galáxia.</p> <p>E. As estrelas do Cruzeiro do Sul, a Lua, o Sol, a borda da nossa galáxia, a borda do nosso sistema solar.</p>
---	---

#### Adaptações de Questões, com Grandes Alterações

Por fim, outras questões necessitavam de alterações que modificassem completamente sua estrutura pois demandavam uma ruptura significativa com a questão original. Diferente da questão 10, ao substituir a estrela ou a constelação modifica-se simultaneamente o significado e o sentido atribuídos ao enunciado ou as alternativas do item. Além disso, a função que um determinado objeto desempenha no item possui um papel de relevância histórica e cultural que impacta o entendimento do céu noturno para habitantes de uma determinada cultura.

Nos quadros 05 e 06, apresentamos as adaptações da questão 4 do TOAST. A primeira adaptação corresponde a mudança do local de observação do céu: de uma localidade no hemisfério norte para o Brasil. Essa mudança altera a dinâmica da questão, tornando necessárias as adaptações subsequentes. O período de observação foi definido em dois meses em vez de duas semanas, com a indicação que a situação inicial é em dezembro, durante o solstício de verão. Isso torna a pergunta mais clara, propondo uma comparação direta entre inverno e verão. Também foi alterada a forma como o participante é questionado sobre a posição do Sol. O que era feito diretamente na questão original, foi proposto de forma indireta, supondo a observação da sombra de um poste. Isso tem o efeito de evitar possíveis confusões, que originalmente incluíam a comparação com o horizonte e os pontos cardeais.

#### Quadro 05 – Questão 4 do TOAST em versão original e traduzida (adaptada de Slater, 2014, p. 19)

<p>4. You are located in the continental U.S. on the first day of October. How will the position of the Sun at noon be different two weeks later?</p> <p>A. It will have moved toward the north.</p> <p>B. It will have moved to a position higher in the sky.</p> <p>C. It will stay in the same position.</p> <p>D. It will have moved to a position closer to the horizon.</p> <p>E. It will have moved toward the west.</p>	<p>4) Você está localizado no território continental dos EUA no primeiro dia de outubro. Como a posição do Sol ao meio-dia será diferente duas semanas depois?</p> <p>A. Ele terá se movido em direção ao norte</p> <p>B. Ele terá se movido para uma posição mais alta no céu</p> <p>C. Ele ficará na mesma posição</p> <p>D. Ele terá se movido para uma posição mais próxima do horizonte</p> <p>E. Ele terá se movido em direção ao oeste</p>
---	---

#### Quadro 06 – Questão 4 do TNCA

<p>4) Imagine como uma pessoa que mora no Brasil veria a sombra de um poste às 12 h, no dia 20 de junho (solstício de inverno). Dois meses depois, como essa pessoa verá a sombra desse mesmo poste às 12 h?</p> <p>A. Ela verá a sombra do poste MENOR que no dia 20 de junho.</p> <p>B. Ela verá a sombra do poste MAIOR que no dia 20 de junho.</p> <p>C. Ela não verá nenhuma sombra em nenhum dos dois dias mencionados.</p> <p>D. Ela verá a sombra do mesmo tamanho que no dia 20 de junho.</p>
--

Após o processo de tradução, incorporamos as questões traduzidas e adaptadas ao TNCA, na

mesma ordem em que as questões originais se dispunham no teste original, e sem alteração das figuras.

### Metodologia de análise dos itens do Teste de Níveis de Conhecimento de Astronomia (TCNA)

Após a coleta dos dados, calculamos todos os índices da TCT e indicadores de análise construídos para cada um dos itens do TNCA. Agrupamos os dados em uma tabela que permite visualizar tais resultados em contraste com os índices calculados por Slater *et al.* (2015) no TOAST. Para realizar a extração e conversão dos dados, foi utilizado o complemento Flubaroo do Google Sheets.

Este complemento tem a função de converter respostas corretas e incorretas de uma planilha do Google Forms em zeros e uns, o que permite trabalhar com análises estatísticas, já que é essencial que os dados estejam configurados desta forma. Portanto, uma nova planilha foi elaborada pelo algoritmo do complemento, contendo uma série de dados binários que informam se o participante acertou ou errou cada item respondido no teste. Estas novas planilhas foram construídas em um arquivo do Microsoft Excel, contendo abas para cada índice calculado pela TCT e, com esses dados, sintetizamos os principais resultados na tabela 01, que se encontra na próxima seção.

Após esse processo, efetuamos os cálculos para os novos indicadores criados, para interpretar os resultados obtidos pela análise da TCT. Os resultados desse procedimento se encontram nas tabelas 02 e 03, e nos gráficos 01, 02 e 03 na seção a seguir.

### APRESENTAÇÃO, ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A tabela 01 abaixo permite visualizar, lado a lado, todos os resultados numéricos obtidos, segundo a TCT, para os índices do TNCA com os resultados apresentados na validação do TOAST, que foram obtidos através do artigo de Slater *et al.* (2015, p. 91).

**Tabela 01** – Resultado dos índices de dificuldade e correlação ponto-bisserial para os itens do TOAST e do TNCA, segundo a TCT.

Item	D <sub>i</sub> (TOAST)	D <sub>i</sub> (TNCA)	r <sub>pb</sub> (TOAST)	r <sub>pb</sub> (TNCA)	Item	D <sub>i</sub> (TOAST)	D <sub>i</sub> (TNCA)	r <sub>pb</sub> (TOAST)	r <sub>pb</sub> (TNCA)
1	0,37	0,20	0,44	0,46	15	0,28	0,70	0,41	0,34
2	0,39	0,30	0,43	0,50	16	0,79	0,70	0,42	0,36
3	0,57	0,51	0,39	0,37	17	0,28	0,77	0,29	0,40
4	0,66	0,37	0,46	0,40	18	0,56	0,67	0,40	0,71
5	0,61	0,77	0,33	0,40	19	0,22	0,33	0,56	0,53
6	0,23	0,44	0,38	0,09	20	0,35	0,61	0,42	0,66
7	0,53	0,56	0,28	0,51	21	0,33	0,40	0,47	0,58
8	0,43	0,72	0,58	0,63	22	0,40	0,60	0,44	0,65
9	0,47	0,89	0,32	0,31	23	0,40	0,26	0,50	0,38
10	0,63	0,67	0,40	0,66	24	0,28	0,37	0,41	-0,02
11	0,60	0,77	0,39	0,37	25	0,41	0,67	0,48	0,39
12	0,36	0,28	0,50	0,47	26	0,20	0,23	0,31	0,47
13	0,32	0,61	0,61	0,63	27	0,26	0,30	0,37	0,44
14	0,39	0,33	0,43	0,35					

Nota: D<sub>i</sub> – índice de dificuldade dos itens do TOAST; r<sub>pb</sub> – coeficiente de correlação ponto-bisserial.

De acordo com a tabela 01, o índice de dificuldade médio do teste foi 0,52, bem próximo do teste original, que é de 0,46 (Slater, 2014, p. 10). A maioria dos itens possuem um índice de dificuldade muito próximo ao do teste original, principalmente as questões inalteradas, o que ressalta a validade internacional do TOAST. Entre as questões inalteradas, apenas o item 6 apresentou diferença significativa de 0,20 a mais que o original, enquanto outros itens desse mesmo tipo de adaptação tiveram uma diferença na faixa de 0,03 a 0,08. Para os dois itens com grandes adaptações (itens 4 e 9), houve uma inversão no nível de dificuldade. Enquanto no teste original, o item 4 possui um D<sub>i</sub> de 0,66 (dificuldade moderada-fácil), no TNCA, esse mesmo item atingiu o índice de 0,37 (dificuldade moderada-difícil). Para o item 9, ocorre o inverso do caso anterior. Para esses itens, isso pode indicar uma especificidade da nossa amostra, que apresenta um nível de

conhecimento teórico mais alto, mas um nível de observação do céu inferior ao da amostra do TOAST. Em outras palavras, a amostra do TNCA demonstrou muito domínio do conteúdo associado ao Big Bang, um evento teórico da Astronomia, enquanto demonstrou pouco domínio do conteúdo associado à observação prática de um fenômeno natural. Dessa forma, ambos os itens não serão readaptados devido à tal especificidade, que não invalida as alterações dos itens e a consistência total do TNCA.

Para o coeficiente de correlação ponto-bisserial, apenas os itens 6 e 24 do TNCA não estão dentro da faixa satisfatória estabelecida por Slater (2014), que é acima de 0,15. Considerando o padrão utilizado por Slater, os itens 6 e 24 devem ser readaptados, especialmente o último, que possui um índice negativo (-0,02).

Por fim, o alfa de Cronbach do teste foi de 0,84, muito próximo do teste original (0,85), ou seja, mesmo com alguns itens fora dos padrões de qualidade dos índices, a consistência interna do teste permaneceu praticamente inalterada em relação ao TOAST.

**Tabela 02** – Porcentagem das respostas de cada conteúdo específico segundo a consistência e domínio dos conceitos

Conteúdos específicos	RCM	RCP	RCN	RI
1 – Gravitação	33,33%	28,07%	31,58%	7,02%
2 – Radiação Eletromagnética	12,28%	17,54%	56,14%	14,04%
3 – Emissão e Absorção de Energia	19,30%	47,37%	29,82%	3,51%
4 – Estações do Ano	22,81%	33,33%	38,60%	5,26%
5 – A Evolução do Universo	63,16%	26,32%	3,51%	7,02%
6 – Escalas	59,65%	17,54%	15,79%	7,02%
7 – Propriedades Físicas das Estrelas	26,32%	35,09%	31,58%	7,02%
8 – Evolução Estelar	54,39%	22,81%	7,02%	15,79%
9 – Evolução e Estrutura do Sistema Solar	28,07%	38,60%	28,07%	5,26%
10 – Modelos Relacionados a Fenômenos Diários	7,02%	36,84%	43,86%	12,28%
11 – Modelos Relacionados a Fenômenos Anuais	17,54%	19,30%	50,88%	12,28%
12 – Fases da Lua	42,11%	35,09%	14,04%	8,77%

Na tabela acima, podemos verificar o nível de consistência e domínio de cada conteúdo avaliado, sendo que cada valor corresponde à porcentagem do número de respostas totais para cada grau de consistência e domínio. De modo geral, percebemos que cada conteúdo específico possui um determinado perfil de consistência e domínio de conceitos por parte dos participantes, caracterizado pela distribuição dos quatro tipos de respostas.

Os conteúdos específicos com maior número de respostas consistentes que demonstram nenhum domínio dos conceitos são “Radiação Eletromagnética” e “Modelos de Fenômenos Anuais”, sendo que os pares de respostas dessas categorias correspondem a mais da metade do total de respostas. Esse resultado corrobora com o resultado da análise estatística pela TCT, de que os conceitos relacionados à prática de observação do céu não são tão dominados como os conceitos teóricos de Astronomia.

No conteúdo geral “Estrutura e Evolução do Universo”, os conteúdos específicos possuem as maiores proporções de respostas que possuem pelo menos o acerto da questão fácil. Isso não só reforça a ideia de que os participantes dominam mais a teoria do que a prática de Astronomia, mas também que, provavelmente, tais conteúdos estão mais presentes em materiais didáticos e mídias de divulgação científica, dada a grande diferença entre os índices de dificuldade entre nossa amostra e a amostra do estudo de Slater.

Entretanto, também é nesse conteúdo geral que há o conteúdo específico com maior proporção de respostas inconsistentes, “Evolução Estelar”. Atribuímos isso a uma proximidade significativa dos índices de dificuldade obtidos entre os itens 16 e 17, pertencentes a esse conteúdo, e, assim, é esperado que algumas respostas sejam consideradas inconsistentes.

**Tabela 03** – Resultados dos indicadores de avaliação dos itens para cada conteúdo

Conteúdos específicos	Média dos Índices de Dificuldade ( $\Delta D_i$ )	Indicador de Dificuldade do Conteúdo ( $D_c$ )	Indicador de Coerência do Conteúdo ( $R_c$ )
1 – Gravitação	0,509	0,509	0,548
2 – Radiação Eletromagnética	0,281	0,245	0,116
3 – Emissão e Absorção de Energia	0,447	0,445	0,552
4 – Estações do Ano	0,421	0,417	0,491
5 – A Evolução do Universo	0,798	0,821	0,786
6 – Escalas	0,719	0,736	0,729
7 – Propriedades Físicas das Estrelas	0,474	0,472	0,512
8 – Evolução Estelar	0,737	0,781	0,603
9 – Evolução e Estrutura do Sistema Solar	0,500	0,500	0,571
10 – Modelos Relacionados a Fenômenos Diários	0,316	0,290	0,210
11 – Modelos Relacionados a Fenômenos Anuais	0,333	0,310	0,234
12 – Fases da Lua	0,640	0,654	0,637

Os valores dos indicadores desenvolvidos nesta pesquisa estão representados na tabela acima, sendo que, para fins de comparação, também foi calculado a média dos índices de dificuldades dos itens do par ( $\Delta D_i$ ), para representar um valor semelhante ao do indicador de dificuldade do conteúdo ( $D_c$ ).

Os valores de  $\Delta D_i$  e  $D_c$  são próximos entre si para todos os conteúdos específicos. Dado que nenhum dos conteúdos houve um grande valor de respostas inconsistentes, essa proximidade revela que o nosso indicador possui uma correlação forte com o índice de dificuldade da TCT. Os conteúdos com maior diferença entre essas variáveis são os conteúdos 2 e 8, em que o conteúdo é mais fácil ou mais difícil que a  $\Delta D_i$  dos itens. Isso significa que os dois itens pertencentes a esses conteúdos possuem um nível de inconsistência superior. Isso pode ser interpretado como uma diferença muito baixa entre o índice de dificuldade de cada item, ou uma particularidade do item considerado mais difícil.

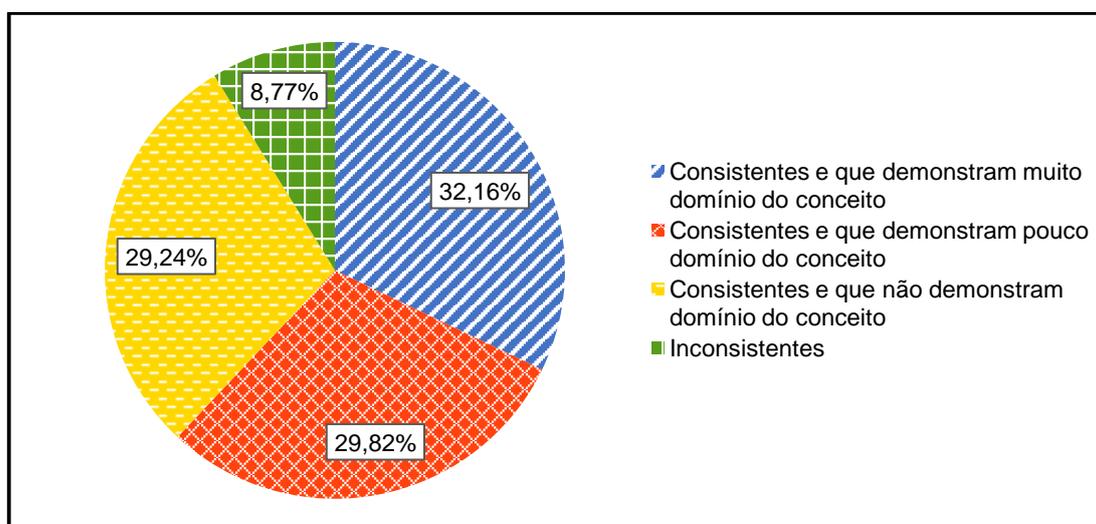
A média de  $R_c$ , ou seja, o quão coerente é o TNCA de maneira geral, é de 0,50. Consideramos esse valor mediano para os padrões que estabelecemos, simbolizando um teste com coerência tanto em relação à amostra quanto ao conhecimento básico de Astronomia presente nos documentos oficiais, como a BNCC, que estabelece determinados conteúdos de Astronomia em cada ano escolar.

Os conteúdos específicos 2, 10 e 11 possuem um  $r_c$  abaixo de 0,30, a qual consideramos insatisfatório, mesmo que a média e indicadores de dificuldade desses conteúdos respectivos estejam

próximos do padrão desejado. Esses conteúdos possuem um indicador de coerência baixo. Nesse sentido, estabelecemos as possíveis causas para explicar esse resultado:

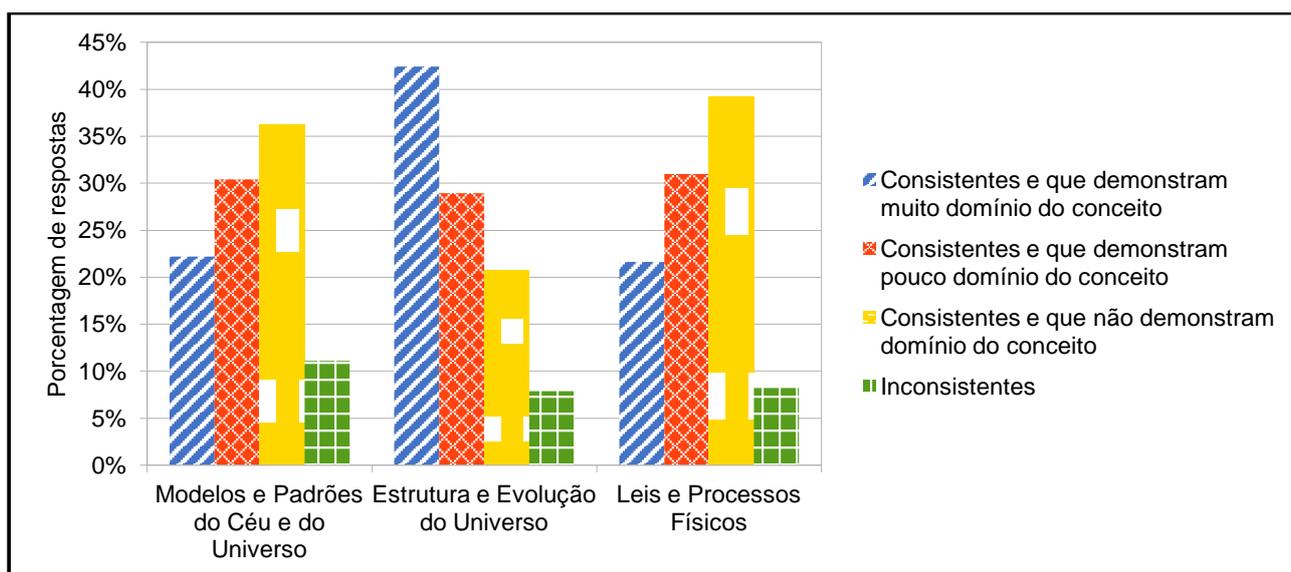
- o conteúdo específico abarca conceitos de Astronomia que não são enfatizados nos documentos oficiais, como as práticas de observação do céu. Assim, os participantes da amostra podem ter tido um ensino em que a observação de fenômenos celestes foi negligenciada, configurando uma maior dificuldade para responder corretamente os itens desses conteúdos;
- a amostra possui características relacionadas a um conhecimento ainda não construído para os integrantes da amostra. No caso de “Radiação Eletromagnética”, tais conceitos são ensinados no Brasil, de acordo com documentos oficiais, em Física no 3º ano do ensino médio, enquanto nossa amostra é constituída por estudantes do 1º e 2º ano do ensino médio;
- a diferença entre os índices de dificuldade dos itens é muito baixa para que seja possível determinar o nível de conhecimento dos participantes, e assim, a discriminação desse nível se torna infactível para os parâmetros estabelecidos pelo indicador.

Assim, tais conteúdos específicos devem ser revisados e, perante as outras variáveis analisadas, ter seus itens readaptados para atingir valores do indicador de coerência mais próximos da média (0,50).



**Gráfico 01** – Porcentagem de todas as respostas dos estudantes segundo grau de consistência e domínio dos conceitos

No gráfico acima, as três regiões que denotam respostas consistentes estão bem distribuídas, sendo as respostas que demonstram domínio um pouco maior que as outras duas. As respostas inconsistentes correspondem a menos de 9% do total, valor que consideramos razoável para a pré-validação do instrumento avaliativo. Essa distribuição corresponde de maneira precisa às definições que estabelecemos previamente, da igualdade entre as respostas consistentes e um valor inferior para respostas inconsistentes.

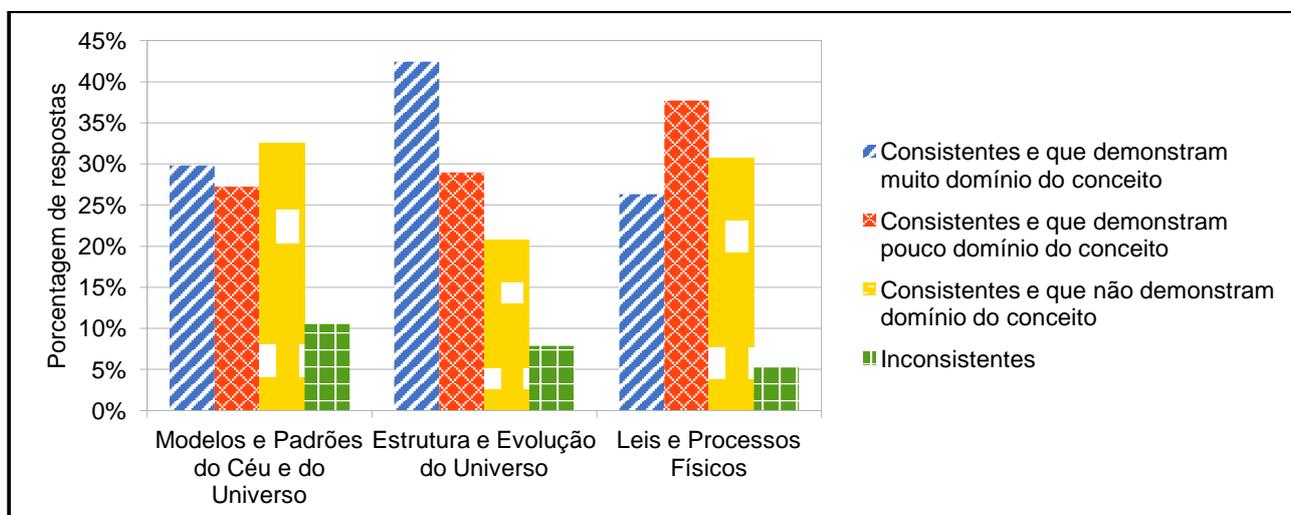


**Gráfico 02** – Consistência e domínio de todas as respostas para cada conteúdo geral

Esse gráfico mostra a proporção de respostas segundo a consistência e domínio para os três conteúdos gerais, conforme o quadro 01 e os resultados obtidos na tabela 02.

O conteúdo “Estrutura e Evolução do Universo” teve um desempenho superior quanto ao domínio dos conceitos em relação aos outros dois conteúdos gerais. Esses tiveram desempenhos muito semelhantes, ambos com aproximadamente a mesma proporção de respostas consistentes com o mínimo de domínio. “Leis e Processos Físicos” tem um número um pouco maior de respostas que demonstram nenhum domínio dos conceitos do que “Modelos e Padrões do Céu e do Universo”, enquanto esse possui mais inconsistências do que os outros conteúdos gerais.

Entretanto, quando subtraímos os conteúdos específicos que possuem índices e indicadores fora dos padrões estabelecidos na literatura, nesse caso, “Radiação Eletromagnética” (itens 23 e 27) e “Modelos Relacionados a Fenômenos Diários” (1 e 6), há alterações significativas no quadro geral de respostas, como pode ser visto na sequência.



**Gráfico 03** – Consistência e domínio das respostas para cada conteúdo geral, com exceção das respostas dos conteúdos específicos 2 e 10.

Ao subtrair os itens cujos índices foram identificados como não satisfatórios, verificou-se que:

- I. O primeiro conteúdo geral “Leis e Processos Físicos” manteve o valor de respostas

inconsistentes. Porém, houve um aumento de aproximadamente 8% em respostas consistentes que demonstram muito domínio, em detrimento de uma diminuição nas respostas que demonstram pouco e nenhum domínio. Dessa forma, consideramos que houve uma homogeneização das respostas desse conteúdo geral;

- II. No terceiro conteúdo geral “Modelos e Padrões do Céu e do Universo”, houve uma inversão entre respostas consistentes que demonstram nenhum domínio e pouco domínio, enquanto há uma diminuição das respostas inconsistentes.

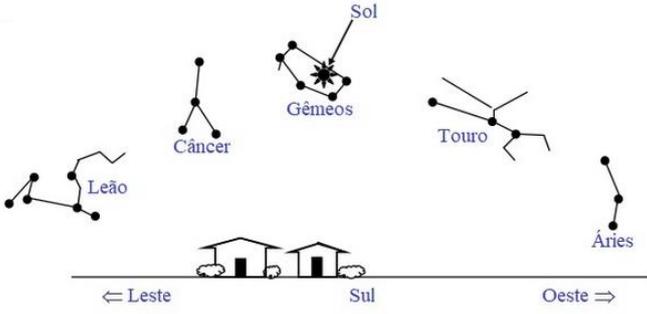
Assim, consideramos que os itens subtraídos provocaram mudanças na consistência geral do TNCA dadas as diferenças que aproximam o perfil da amostra do perfil definido nesse artigo como ideal.

A partir das análises realizadas, identificamos que os itens 1, 6, 24 e 27 se mostraram pouco adequados em medir o conhecimento básico de Astronomia. Os valores dos índices calculados e analisados não estão dentro dos limites aceitáveis definidos na literatura. Assim, em função dessas características, optamos por readaptar tais questões e manter as demais antes de submeter o TNCA para uma validação com amostra estatisticamente significativa resultando nas alterações discutidas a seguir.

### AS NOVAS QUESTÕES DO TNCA

Nessa seção, demonstramos como foram realizadas as novas adaptações dos itens considerados insatisfatórios após a análise estatística feita pela TCT e os indicadores desenvolvidos.

**Quadro 06** – Item 1 da primeira versão do TNCA à esquerda, e item revisado à direita

<p>Use o desenho abaixo para responder às DUAS próximas perguntas.</p>	<p>Use a figura abaixo para responder às DUAS próximas perguntas. Ela mostra como seria o céu às 12h, se pudéssemos ver as estrelas durante o dia. O Sol está no ponto mais alto do céu e está na região da constelação de Gêmeos.</p>
	
<p>1) Se você pudesse ver estrelas durante o dia, o desenho acima mostra como seria o céu ao meio-dia de um determinado dia. O Sol está no ponto mais alto que alcançará neste dia e está perto das estrelas da constelação de Gêmeos. Neste mesmo dia, ao pôr do sol, o Sol estará em qual constelação?</p> <p>A. Leão B. Câncer C. Gêmeos D. Touro E. Áries</p>	<p>1) Em qual constelação o Sol estará quando o relógio marcar 18h, ou seja, quando ele estiver se pondo?</p> <p>A. Leão B. Câncer C. Gêmeos D. Touro E. Áries</p>

Esse item foi revelado pela TCT como um item de alta dificuldade, não por se tratar de um conhecimento complexo associado, mas sim por ilustrar um fenômeno invisível no nosso contexto de observação do céu. E ainda pela falta de correlação óbvia do movimento da esfera celeste entre o dia e a

noite, esse item poderia ser considerado, assim, uma “pegadinha”, entretanto, nem no TNCA e nem no TOAST o item induz o respondente ao erro. Portanto, realizamos uma alteração no comando da questão, reduzindo a quantidade de informações e deslocando-a para a descrição da imagem. Além disso, localizamos o observador em um local que o Sol se ponha às 18h, dado que em outros itens a localidade se mostrou um fator crucial.

**Quadro 07** – Item 6 da primeira versão do TNCA à esquerda, e item revisado à direita

<p>6) Imagine que você vê Marte subindo no horizonte ao leste às 18h30. Seis horas depois, em que direção você olharia para ver Marte?</p> <ul style="list-style-type: none"><li>A. Para cima, ligeiramente voltado para o norte</li><li>B. Para cima, ligeiramente voltado para o sul</li><li>C. Para cima, ligeiramente voltado para o leste</li><li>D. Para cima, ligeiramente voltado para o oeste</li><li>E. Diretamente acima de sua cabeça</li></ul>	<p>6) Imagine que você está no Rio Grande do Sul, vendo o planeta Marte surgindo no horizonte, exatamente no ponto leste. Seis horas depois, em que direção você olharia para ver Marte no ponto mais alto que ele pode atingir no céu?</p> <ul style="list-style-type: none"><li>A. Ligeiramente ao norte</li><li>B. Ligeiramente ao sul</li><li>C. Ligeiramente ao leste</li><li>D. Ligeiramente ao oeste</li><li>E. Diretamente acima de sua cabeça</li></ul>
---	--

Nesse item, que sofreu uma alteração significativa comparada ao TOAST, percebemos que a falta da localidade poderia causar confusões sobre a trajetória que Marte realizaria na esfera celeste. Por conseguinte, acrescentamos a localidade do observador no enunciado e retiramos o horário da primeira observação para evitar associações errôneas. Ainda, simplificamos as alternativas a fim de tornar o fenômeno de observação mais compreensível e fácil de ser interpretado corretamente.

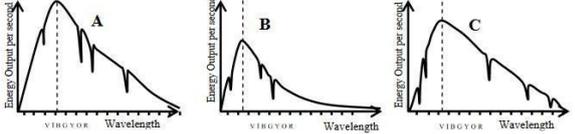
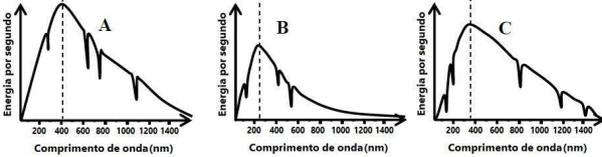
**Quadro 08** – Item 24 da primeira versão do TNCA à esquerda, e item revisado à direita

<p>24) As moléculas no plástico de uma cadeira foram formadas:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>A. Em nosso Sol.</li><li>B. Por uma estrela existente antes da formação do nosso Sol.</li><li>C. No instante do Big Bang.</li><li>D. Aproximadamente 100 milhões de anos atrás.</li><li>E. Em uma galáxia distante em uma parte diferente do universo primitivo.</li></ul>	<p>24) Os átomos presentes nas folhas de um livro foram formados</p> <ul style="list-style-type: none"><li>A. Em nosso Sol.</li><li>B. Por uma estrela existente antes da formação do nosso Sol.</li><li>C. No instante do Big Bang.</li><li>D. Aproximadamente 100 milhões de anos atrás.</li><li>E. Em uma galáxia distante em uma parte diferente do universo primitivo.</li></ul>
---	---

Após uma discussão, percebemos que a alteração que realizamos nesse item em comparação ao teste original foi feita de forma incorreta, ao mudar o termo “átomos” para “moléculas”. A maioria dos respondentes escolheram a alternativa B ou D. Por fim, acreditamos que nenhuma das alternativas oferecidas estaria correta pelo processo de fabricação de plástico. Ainda, esse item trata de um conhecimento mais abstrato, mais difícil e interdisciplinar.

Por isso, decidimos reverter essa alteração, mudando novamente o objeto para “átomos”. Entretanto, pelo plástico ser um material de origens diversas, alteramos o objeto maior para folhas de papel, que possuem comumente a mesma origem, evitando a dualidade de respostas corretas.

**Quadro 09** – Item 27 da primeira versão do TNCA à esquerda, e item revisado à direita

<p>27) Os gráficos abaixo ilustram a produção de energia por segundo (Energy Output per second) versus comprimento de onda (Wavelength) para três objetos desconhecidos A, B e C. Qual dos objetos tem a temperatura mais alta? Observação: o eixo das abcissas (comprimento de onda) está em escala, mas o eixo das ordenadas (produção de energia por segundo) não está em escala.</p>  <p>A. A B. B C. C D. Os três objetos têm a mesma temperatura. E. A resposta não pode ser determinada com estas informações.</p>	<p>27) Os gráficos abaixo ilustram a produção de energia por segundo versus comprimento de onda para três objetos desconhecidos A, B e C. Qual dos objetos tem a temperatura mais alta?</p>  <p>a. A b. B c. C d. Os três objetos têm a mesma temperatura. e. A resposta não pode ser determinada com estas informações.</p>
--	--

Por fim, o item 27 teve duas grandes alterações. A primeira foi a reconstrução da imagem que mostra os gráficos de produção de energia. Consideramos que manter a imagem original poderia causar confusões por ser em língua inglesa, e não possuir valores e escala para a leitura dos gráficos. Assim, além de traduzir o texto dos eixos dos gráficos, acrescentamos valores em escala para trazer um sentido mais tangível para o contexto do item. E assim, a segunda alteração foi a redução do texto, que abarcava originalmente toda a descrição dos gráficos do item, tornando o comando da questão mais simples e mais direto.

Com esses ajustes, a versão final do TNCA foi elaborada e encontra-se no apêndice desse trabalho.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar das alterações feitas no teste original, pelo fato do TOAST ter sido construído a partir de uma matriz de conhecimentos diferente da BNCC e não ter levado em consideração o contexto do Ensino de Astronomia no Brasil, o TNCA mostrou-se um instrumento com grande potencial para avaliar o conhecimento básico que o brasileiro possui em Astronomia.

Os resultados das análises iniciais mostraram valores próximos aos que foram calculados por Slater (2014; 2015) no TOAST, sendo identificadas divergências em apenas dois itens (6 e 24), que apresentaram um coeficiente de correlação ponto-biserial muito baixo de acordo com os padrões estabelecidos na TCT. Esses valores representam uma baixa discriminação entre participantes com bom e mau desempenho no teste, e assim, necessitavam de uma nova adaptação. Além disso, verificamos que a grande maioria dos índices do TNCA foram compatíveis com os índices do TOAST.

Aprofundando as análises para além da TCT, desenvolvemos o instrumento de análise de domínio e coerência de um conteúdo, contendo dois indicadores, que nos auxiliaram a interpretar qualitativamente os resultados estatísticos gerados pela TCT. Os indicadores mostraram resultados promissores ao revelar mais dois itens (1 e 27) que também apresentaram divergências. Nesse caso, itens que avaliavam um mesmo conteúdo mostraram-se incoerentes em avaliar o conhecimento de Astronomia associado ao conteúdo. Desta forma, consideramos que esses indicadores possam se constituir um instrumento mais simples para indicar quais conceitos, habilidades e competências um conjunto de questões em comum pode ser realmente aferido através dos itens formulados por professores em seus testes de múltipla escolha. Nessa pesquisa, tal instrumento auxiliou significativamente nossas interpretações de caráter qualitativo dos itens do TNCA, o que, por um lado, reforçou os resultados indicados pela Teoria Clássica dos Testes, e por outro,

indicou dois novos itens que precisaram de reformulações para consolidar o TNCA como um teste mais fidedigno e confiável para se investir em um trabalho robusto de validação de um teste em língua portuguesa no contexto do ensino de Astronomia no Brasil.

Considerando que apenas quatro dos 27 itens apresentaram divergências nos índices e indicadores calculados, inferimos que o fato do teste ter sido aplicado em formato eletrônico não comprometeu sua validade nesse meio de aplicação.

Assim, após identificarmos os quatro itens com divergências, realizamos um novo debate para reformularmos cada uma das questões levando em consideração os aspectos negligenciados na primeira versão para esses itens. Esses ajustes resultaram em uma versão mais consistente do TNCA, em formato eletrônico, que, por sua vez, aumentará a probabilidade de obter índices mais próximos dos resultados apresentados por Slater, além de indicadores de coerência e dificuldade mais adequados. A partir disto, a continuidade da pesquisa consiste na aplicação da versão final do TNCA a uma amostra estatisticamente significativa para sua validação como instrumento de pesquisa, assim como realizado com o TOAST.

Finalmente, consideramos que a metodologia aplicada nessa pesquisa constitui um avanço, tanto no campo de produção e validação de testes especializados, quanto no campo da avaliação do ensino e da aprendizagem por pesquisadores, como no caso do TOAST e do TNCA. Entretanto, resta investigar a viabilidade e o potencial dos instrumentos desenvolvidos em testes de múltipla escolha produzidos e aplicados por professores em seus ambientes de aula. Tal consideração está alicerçada na necessidade de instrumentalizar professores com ferramentas adequadas para a melhoria da qualidade de suas avaliações e dos processos de ensino e de aprendizagem, favorecendo a reflexão dos docentes sobre sua própria prática. É importante frisar que, diferentemente do TOAST, o TNCA, por estar adaptado ao formato eletrônico, torna-se um instrumento com maior alcance em termos de pesquisas em território nacional. Dessa forma, destacamos também o potencial da utilização do TNCA como ferramenta na pesquisa e no Ensino de Astronomia, não só para discutirmos o que deveria se constituir como matriz de conhecimento básico de Astronomia no contexto educacional brasileiro, mas também para propormos intervenções mais precisas visando a melhoria de cursos e dos processos de ensino e de aprendizagem dessa área do conhecimento no Brasil.

### **Agradecimentos**

Agradecemos aos profissionais, professores e estudantes que participaram da pesquisa, respondendo ao nosso questionário, mesmo em tempos difíceis do contexto da pandemia da COVID-19.

## REFERÊNCIAS

- Bretones, P. S. (1999). *Disciplinas introdutórias e Astronomia nos cursos superiores do Brasil* (Dissertação de Mestrado). Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP. Recuperado de <https://www.btdea.ufscar.br/teses-e-dissertacoes/disciplinas-introdutorias-e-astronomia-nos-cursos-superiores-do-brasil>
- Bussi, B., & Bretones, P. S. (2013). Educação em Astronomia nos trabalhos dos ENPECs de 1997 a 201. *Atas do IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*. (pp. 1–8). Águas de Lindóia, SP. Recuperado de [https://abrapec.com/atas\\_enpec/ixenpec/atas/resumos/R1477-1.pdf](https://abrapec.com/atas_enpec/ixenpec/atas/resumos/R1477-1.pdf)
- Canalle, J. B. G., Trevisan, R. H., & Lattari, C. J. B. (1997). Análise do conteúdo de astronomia de livros de geografia de 1º grau. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 14(3), 254–263.
- Costa, S., Euzébio, G. J., & Damasio, F. (2016). A Astronomia na Formação Inicial de Professores de Ciências. *Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia*, 22, 59–80. <https://doi.org/10.37156/RELEA/2016.22.059>
- Dias e Dias, T. C., Sitko, C. M., & Langhi, R. (2023). A presença e as características da Astronomia na Formação Inicial do Pedagogo: Uma análise dos projetos pedagógicos de cursos do Brasil. *FORMAÇÃO INICIAL DO PEDAGOGO: UMA ANÁLISE DOS PROJETOS PEDAGÓGICOS DE CURSOS DO BRASIL. Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)*, 25, e42063. <https://doi.org/10.1590/1983-21172022240153>
- Gonçalves, P. C. da S., Viveiro, A. A., & Bretones, P. S. (2024). Temas e conteúdos em Astronomia: O que temos pesquisado na pós-graduação no Brasil? *Ciência & Educação (Bauru)*, 30, e24006. <https://doi.org/10.1590/1516-731320240006>
- Hansen, T. R., & Zambon, L. B. (2024). Caracterização da produção acadêmica sobre o ensino de astronomia em periódicos da área de educação em ciências. *Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias*, 19(1), 37–53. <https://doi.org/10.14483/23464712.19474>
- Iachel, G., & Nardi, R. (2010). Algumas tendências das publicações relacionadas à Astronomia em periódicos brasileiro de ensino de Física nas últimas décadas. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)*, 12, 225–238. <https://doi.org/10.1590/1983-21172010120214>
- Kitzberger, D. de O., Bartelmebs, R. C., Pandini, C. de A., & Figueira, M. M. T. (2018). Mapeamento dos estudos produzidos sobre o ensino de Astronomia que tem como foco os anos iniciais dos Ensino Fundamental. *V Simpósio Nacional de Educação em Astronomia*, Londrina, PR. Recuperado de <https://sab-astro.org.br/eventos/snea/v-snea/atas/comunicacoes-orais/co19/>
- Langhi, R., & Nardi, R. (2009). Ensino da astronomia no Brasil: Educação formal, informal, não formal e divulgação científica. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 31, 4402–4412. <https://doi.org/10.1590/S1806-11172009000400014>
- Lira, S. A., & Chaves, A., Neto. (2006). Coeficientes de correlação para variáveis ordinais e dicotômicas derivados do coeficiente linear de Pearson. *Ciência & Engenharia*, 15(1/2), 45–53. Recuperado de <https://seer.ufu.br/index.php/cieng/article/view/529>
- Sartes, L. M. A., & Souza-Formigoni, M. L. O. de. (2013). Avanços na psicometria: Da Teoria Clássica dos Testes à Teoria de Resposta ao Item. *Psicologia: Reflexão e Crítica*, 26, 241–250. <https://doi.org/10.1590/S0102-79722013000200004>
- Shigunov, A., Neto. (2021). O que se pesquisa em educação em astronomia: Uma análise do periódico *Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia* no período compreendido de 2004 a 2019. *Revista Internacional de Pesquisa em Didática das Ciências e Matemática*, e021002, 1–13. Recuperado de <https://periodicoscientificos.itp.ifsp.edu.br/index.php/revin/article/view/336>
- Slater, S. J. (2014). The development and validation of the Test Of Astronomy STandards (TOAST). *Journal of Astronomy & Earth Sciences Education (JAESE)*, 1(1), 1–22. <https://doi.org/10.19030/jaese.v1i1.9102>

Slater, S. J., Schleigh, S. P., & Stork, D. J. (2015). Analysis of Individual Test Of Astronomy Standards (TOAST) Item Responses. *Journal of Astronomy & Earth Sciences Education (JAESE)*, 2(2), 89–108.  
<https://doi.org/10.19030/jaese.v2i2.9513>

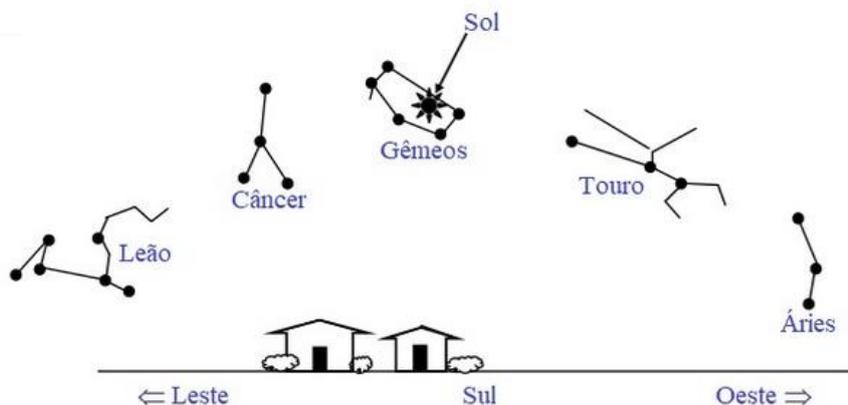
Soares, D. J. M. (2018). *Teoria clássica dos testes e teoria de resposta ao item aplicadas em uma avaliação de matemática básica* (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.  
Recuperado de <https://locus.ufv.br//handle/123456789/18404>

**Recebido em:** 27.03.2024

**Aceito em:** 29.08.2024

APÊNDICE – TESTE DE NÍVEIS DE CONHECIMENTO DE ASTRONOMIA (TNCA)

Use a figura abaixo para responder às DUAS próximas perguntas. Ela mostra como seria o céu às 12h, se pudéssemos ver as estrelas durante o dia. O Sol está no ponto mais alto do céu e está na região da constelação de Gêmeos.



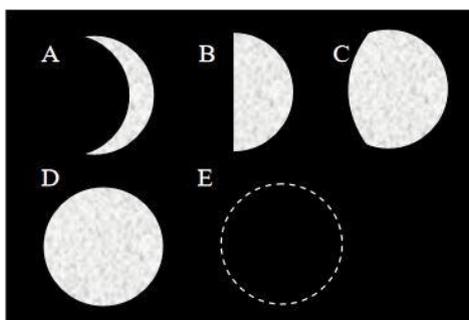
1) Em qual constelação o Sol estará quando o relógio marcar 18h, ou seja, quando ele estiver se pondo?

- a. Leão
- b. Câncer
- c. Gêmeos
- d. Touro
- e. Áries

2) Ainda com relação à mesma imagem, quanto tempo você teria que esperar para ver a constelação de Gêmeos novamente no ponto mais alto do céu, só que à 00h (meia-noite)?

- a. 12 horas
- b. 24 horas
- c. 6 meses
- d. 1 ano
- e. Gêmeos nunca é vista nessa posição à meia-noite.

3) Você olha para o horizonte ao leste quando a Lua surge pela primeira vez e descobre que está na fase nova. Neste mesmo dia, qual imagem mostra como será a Lua quando ela estiver no ponto mais alto do céu?



- a. A
- b. B
- c. C
- d. D
- e. E

4) Imagine como uma pessoa que mora no Brasil veria a sombra de um poste às 12 h, no dia 20 de junho (solstício de inverno). Dois meses depois, como essa pessoa verá a sombra desse mesmo poste às 12 h?

- a. Ela verá a sombra do poste MENOR que no dia 20 de junho.
- b. Ela verá a sombra do poste MAIOR que no dia 20 de junho.
- c. Ela não verá nenhuma sombra em nenhum dos dois dias mencionados.
- d. Ela verá a sombra do mesmo tamanho que no dia 20 de junho.

5) Qual frase descreve melhor por que a Lua passa por fases?

- a. A sombra da Terra atinge diferentes partes da Lua em momentos diferentes.
- b. A Lua é um pouco achatada e parecida com um disco. Parece mais ou menos arredondada, dependendo do ângulo preciso da qual vemos.
- c. As nuvens da Terra cobrem porções da Lua, resultando na mudança de fases que vemos.
- d. A luz do Sol refletida da Terra ilumina a Lua. É menos eficaz quando a Lua está mais baixa no céu do que quando está mais alta no céu.
- e. Vemos apenas parte da face iluminada da Lua, dependendo de sua posição em relação à Terra e ao Sol.

6) Imagine que você está no Rio Grande do Sul, abaixo do Trópico de Capricórnio, vendo o planeta Marte surgindo no horizonte, exatamente no ponto leste. Seis horas depois, em que direção você olharia para ver Marte no ponto mais alto que ele pode atingir no céu?

- a. Ligeiramente ao norte
- b. Ligeiramente ao sul
- c. Ligeiramente ao leste
- d. Ligeiramente ao oeste
- e. Diretamente acima de sua cabeça

7) Imagine que o eixo de rotação da Terra estivesse na vertical, sem inclinação. Como isso afetaria as estações do ano?

- a. Não perceberíamos mais uma diferença entre as estações.
- b. Ainda perceberíamos as estações, mas as diferenças seriam menores.
- c. Ainda perceberíamos as estações, mas as diferenças seriam maiores.
- d. Continuaríamos percebendo as estações exatamente da mesma maneira que percebemos agora.

8) Como o Sol produz a energia que aquece nosso planeta?

- a. Os gases dentro do Sol estão queimando e produzindo grandes quantidades de energia.
- b. O gás dentro do Sol aquece quando comprimido, liberando grandes quantidades de energia.
- c. O calor retido pelos campos magnéticos no Sol é liberado como energia.
- d. O hidrogênio é fundido em hélio, liberando grandes quantidades de energia.
- e. O núcleo do Sol possui átomos radioativos que emitem energia à medida que decaem.

9) O Big Bang é o evento que

- a. descreve a explosão de uma estrela.
- b. deu origem a formação do universo.
- c. descreve a colisão de dois buracos negros.
- d. deu origem ao arranjo do sistema solar.

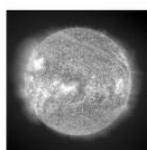
10) Qual é a ordem que classifica, do mais próximo até o mais distante da Terra, os seguintes objetos celestes?

- O Sol, a Lua, a borda do nosso sistema solar, as estrelas do Cruzeiro do Sul, a borda da nossa galáxia.
- O Sol, as estrelas do Cruzeiro do Sul, a Lua, a borda da nossa galáxia, a borda do nosso sistema solar.
- A Lua, as estrelas do Cruzeiro do Sul, o Sol, a borda do nosso sistema solar, a borda da nossa galáxia.
- A Lua, o Sol, a borda do nosso sistema solar, as estrelas do Cruzeiro do Sul, a borda da nossa galáxia.
- As estrelas do Cruzeiro do Sul, a Lua, o Sol, a borda da nossa galáxia, a borda do nosso sistema solar.

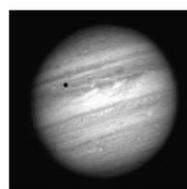
11) Qual das alternativas a seguir é a melhor classificação (do menor para o maior) para o tamanho dos objetos das imagens abaixo?



A. O Sistema Solar



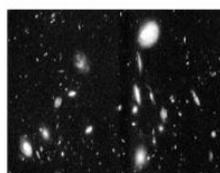
B. O Sol



C. Júpiter



D. Andrômeda



E. Aglomerado de Galáxias



F. Nebulosa

- $B < C < F < A < D < E$
- $C < B < A < E < F < D$
- $C < B < A < F < D < E$
- $F < C < B < A < E < D$
- Nenhuma das alternativas acima está correta.

12) Imagine que a órbita da Terra foi alterada para ser um círculo perfeito em torno do Sol, de modo que a distância ao Sol seria sempre a mesma. Como essa nova trajetória afetaria as estações do ano?

- Não seríamos capazes de notar uma diferença entre as estações.
- A diferença entre as estações seria menos perceptível do que é agora.
- A diferença entre as estações seria mais perceptível do que é agora.
- Perceberíamos as diferenças entre as estações da mesma maneira que fazemos agora.

13) O que é uma estrela?

- Um corpo sólido que reflete a luz de outra fonte de energia.
- Um corpo sólido brilhante que emite luz que pode ser visto da Terra.
- Um corpo que produz energia queimando gases.
- Um corpo gasoso que produz energia fundindo átomos em átomos mais pesados.
- Um corpo gasoso que produz energia dividindo átomos em átomos mais leves.

14) Qual propriedade de uma estrela definirá sua história desde o nascimento até sua morte?

- O brilho
- A temperatura
- A cor
- A massa
- A composição química

- 15) As evidências atuais sobre como o universo está mudando nos dizem que
- todos os corpos celestes estão se afastando da Terra.
  - grupos de galáxias parecem se afastar uns dos outros.
  - galáxias próximas da Terra são mais jovens que galáxias distantes.
  - a formação das galáxias ocorre no centro do universo.
- 16) Estrelas começam sua vida como
- um pedaço de uma estrela maior.
  - uma anã branca.
  - uma colisão entre planetas gigantes.
  - um buraco negro.
  - uma nuvem de gás e poeira.
- 17) O que acontecerá com o Sol quando ele se aproximar do fim de sua vida?
- Ele se transformará em um buraco negro.
  - Ele explodirá, destruindo todo o Sistema Solar.
  - Ele se expandirá e perderá suas camadas mais externas.
  - Ele diminuirá seu brilho, mas manterá seu tamanho e sua massa.
- 18) Se você estivesse em uma espaçonave perto do Sol e começasse a viajar no sentido de Plutão, você poderia passar por
- planetas.
  - estrelas.
  - luas.
  - dois dos objetos acima.
  - todos os objetos acima.
- 19) Como o sistema de planetas que orbita o Sol se formou?
- Os planetas se formaram dos mesmos materiais que formaram o Sol.
  - Os planetas e o Sol se formaram na época do Big Bang.
  - Os planetas foram capturados pela gravidade do Sol.
  - Os planetas se formaram a partir da fusão de hidrogênio em seus núcleos.
- 20) Qual das opções a seguir faria você pesar metade do que pesa agora?
- Retirar metade da atmosfera da Terra.
  - Dobrar a distância entre a Terra e o Sol.
  - Fazer a Terra girar com metade da velocidade.
  - Retirar metade da massa da Terra.
- 21) Os astronautas “flutuam” no ônibus espacial enquanto orbitam a Terra porque
- não há gravidade no espaço.
  - eles estão caindo da mesma maneira que o ônibus espacial.
  - eles estão acima da atmosfera da Terra.
  - há menos gravidade dentro do ônibus espacial.
- 22) A energia é liberada dos átomos na forma de luz quando os elétrons
- são emitidos pelo átomo.
  - passam de baixos níveis de energia para altos níveis de energia.
  - passam de altos níveis de energia para baixos níveis de energia.
  - movem-se em alta velocidade em sua órbita ao redor do núcleo.

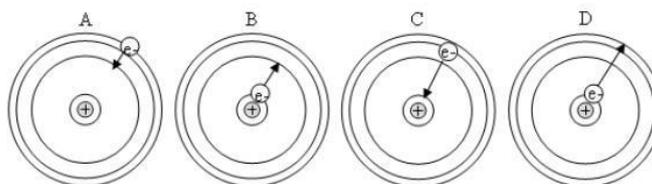
23) Qual das alternativas a seguir é verdadeira sobre a comparação entre a luz visível e micro-ondas se propagando no ar?

- a. As micro-ondas têm uma energia mais baixa e viajam mais lentamente que a luz visível.
- b. A luz visível tem um comprimento de onda e uma energia menores que as micro-ondas.
- c. As micro-ondas têm um comprimento de onda mais longo e viajam na mesma velocidade da luz visível.
- d. A luz visível tem uma energia mais alta e viaja mais rápido que as micro-ondas.
- e. As micro-ondas têm um comprimento de onda menor e energia mais alta que a luz visível.

24) Os átomos presentes nas folhas de um livro foram formados

- a. em nosso Sol.
- b. por uma estrela existente antes da formação do nosso Sol.
- c. no instante do Big Bang.
- d. aproximadamente 100 milhões de anos atrás.
- e. em uma galáxia distante em uma parte diferente do universo primitivo.

Use o desenho abaixo para responder às DUAS próximas perguntas.



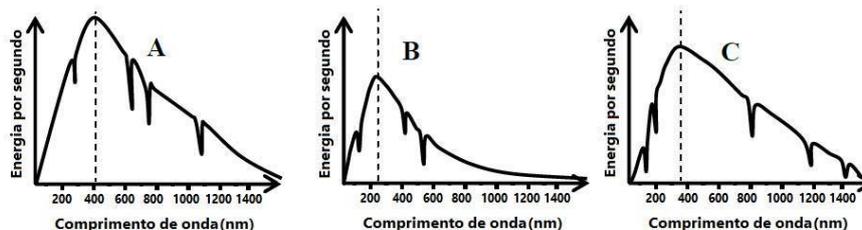
25) Qual átomo estaria absorvendo luz com a maior energia?

- a. A
- b. B
- c. C
- d. D

26) Qual átomo emitiria luz com o menor comprimento de onda?

- a. A
- b. B
- c. C
- d. D

27) Os gráficos abaixo ilustram a produção de energia por segundo versus comprimento de onda para três objetos desconhecidos A, B e C. Qual dos objetos tem a temperatura mais alta?



- a. A
- b. B
- c. C
- d. Os três objetos têm a mesma temperatura.
- e. A resposta não pode ser determinada com estas informações.