

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
CAMPUS UNIVERSITÁRIO PROFESSOR ALBERTO CARVALHO
DEPARTAMENTO DE BIOCÊNCIAS

Reginaldo Souza Moraes Júnior

**Análise de Questões de Biologia do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) pela
Taxonomia de Bloom Revisada**

ITABAIANA

2025

Reginaldo Souza Moraes Júnior

**Análise de Questões de Biologia do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) pela
Taxonomia de Bloom Revisada**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Biociências do curso de Licenciatura em Ciências Biológicas da Universidade Federal de Sergipe, como requisito parcial para obtenção do título de Licenciado em Ciências Biológicas.

Orientador: Prof. Ricardo Santos do Carmo

ITABAIANA

2025

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)**

- M827a Moraes Júnior, Reginaldo Souza.
Análise de Questões de Biologia do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) pela Taxonomia de Bloom Revisada / Reginaldo Souza Moraes Júnior. – Itabaiana (SE), 2025.
38 f.
- Orientador: Prof. Ricardo Santos do Carmo
Monografia (Licenciatura em Ciências Biológicas) – Universidade Federal de Sergipe.
1. Exame Nacional do Ensino Médio. 2. Taxonomia de Bloom. 3. Biologia – Estudo e ensino. I. Carmo, Ricardo Santos do. II. Universidade Federal de Sergipe. III. Título.

CDU 37.01

Reginaldo Souza Moraes Júnior

**Análise de Questões de Biologia do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) pela
Taxonomia de Bloom Revisada**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Biociências do curso de Licenciatura em Ciências Biológicas da Universidade Federal de Sergipe, como requisito parcial para obtenção do título de Licenciado em Ciências Biológicas

Data de aprovação: 26/02/2025

Nota: 9,0

BANCA EXAMINADORA

Prof. Ricardo Santos do Carmo (orientador)
Departamento de Biociências
Universidade Federal de Sergipe

Prof. Eduardo José dos Reis Dias
Departamento de Biociências
Universidade Federal de Sergipe

Prof. Juliano Ricardo Fabricante
Departamento de Biociências
Universidade Federal de Sergipe

DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho à minha mãe Marivalda, que com carinho me ajudou a chegar até aqui, e à minha noiva Jane, que esteve comigo e me apoiou desde o princípio nas horas de angústia e de alegria.

AGRADECIMENTOS

Ao professor Ricardo, pela sua paciência, orientações e fornecimento de material para a realização deste trabalho.

RESUMO

O Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) foi criado, em 1998, para nortear as diretrizes curriculares para o nível médio de escolaridade no Brasil, contribuir para os estudantes autoavaliarem suas aprendizagens, e substituir os ‘vestibulares’ como testes tradicionais de admissão nas universidades, considerados apenas classificatórios. Apesar desse escopo amplo, o ENEM se consolidou mesmo como principal via de seleção para a educação superior, com ampla aceitação da sociedade. Nesse sentido, para se distanciar dos testes tradicionais, ou seja, para selecionar e ao mesmo tempo avaliar a capacidade de raciocínio, foi introduzida uma escala de habilidade para a elaboração dos itens. No ano 2009, o Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP) implementou mudanças no ENEM, tais como a redução do caráter interdisciplinar dos itens, o aumento do número de competência e habilidades, e a adoção da teoria da resposta ao item. Existem diversas pesquisas sobre como os conteúdos são abordados no ENEM, mas escassez de trabalhos sobre a qualidade do exame em avaliar os raciocínios que pretende avaliar. O presente trabalho visa superar essa lacuna no campo da Biologia, ao oferecer uma análise dos raciocínios ou processos cognitivos e dos conhecimentos explorados nos itens do ENEM original e do ENEM novo. Essa lacuna prejudica o trabalho dos professores em sala de aula, pois eles utilizam as questões do exame em suas aulas e nas avaliações internas. Para isso, utilizamos a Taxonomia de Bloom Revisada (TBR) como referência central. Os achados que respondem diretamente ao objetivo da pesquisa mostram um padrão de abordagem dos raciocínios de entendimento e lembrança, que são raciocínios de ordem inferior. Esses achados referentes ao exame brasileiro estão em linha com os achados internacionais sobre objetivos educacionais em currículos para a educação científica. Contudo, existem diferenças relevantes, considerando que a Finlândia e a República Tcheca excluíram toda abordagem de memorização de seus currículos. No que concerne aos tipos de conhecimentos, o ENEM enfatiza o conhecimento conceitual e, secundariamente, o conhecimento factual na área de Biologia. Tal realce no conhecimento conceitual notado no ENEM também é encontrado nos currículos de ciências de outros países. Por outro lado, a ênfase brasileira no conhecimento conceitual contrasta com o destaque no conhecimento procedimental dado pela Finlândia e Taiwan. Os resultados desta pesquisa podem ser utilizados por professores no planejamento de aulas e avaliações, bem como desenvolvimento de itens de teste alinhados com o currículo oficial. Também os próprios formuladores dos itens podem refletir sobre a ênfase em habilidades cognitivas inferiores no exame nacional brasileiro.

Palavras-chave: ENEM; Taxonomia de Bloom Revisada; Ensino de Biologia.

ABSTRACT

The National High School Exam (ENEM), created in 1998, was designed to guide Brazil's high school curricular guidelines, support students in self-assessing their learning, and replace the traditional vestibulares, which were merely classificatory university admission tests. Over time, ENEM has become the primary selection mechanism for higher education and has gained broad societal acceptance. To differentiate itself from traditional exams by assessing both the selection criteria and reasoning ability, a proficiency scale was introduced for item development. In 2009, the Anísio Teixeira National Institute for Educational Studies and Research (INEP) implemented changes that reduced the interdisciplinary nature of the items, increased the number of competencies and skills, and adopted the item response theory. While numerous studies have examined ENEM's content approach, few have assessed the effectiveness of the exam in evaluating the reasoning skills that it aims to measure. This study addresses this gap by analyzing the cognitive processes and types of knowledge explored in ENEM's original and revised biology items using Revised Bloom's Taxonomy (RBT) as a framework. The findings revealed a predominant focus on lower-order reasoning skills, particularly recall and understanding, a pattern consistent with international assessments of science education curricula. However, while countries such as Finland and the Czech Republic have eliminated memorization-based approaches, ENEM continues to emphasize concepts and, to a lesser extent, factual knowledge in biology. This contrasts with Finland and Taiwan, where procedural knowledge is prioritized. These insights can support teachers in lesson planning and assessment design as well as inform item developers in refining the cognitive demands of Brazil's national exam.

Keywords: ENEM; Revised Bloom's Taxonomy; Biology Teaching.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
1.1	Avaliação educacional em larga escala.....	9
1.2	O ENEM como avaliação em larga escala.....	9
1.3	Objetivos e questões de pesquisa.....	11
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	12
2.1	A Taxonomia de Bloom Revisada	12
2.2	Achados de pesquisas anteriores.....	16
3	MÉTODO.....	20
3.1	Seleção dos itens de Biologia.....	20
4	RESULTADOS	26
4.1	Dados	26
4.2	Interpretação dos dados.....	28
5	DISCUSSÃO	30
6	CONCLUSÃO.....	32
	REFERÊNCIAS.....	34

1 INTRODUÇÃO

1.1 Avaliação educacional em larga escala

O propósito da avaliação educacional é proporcionar aos estudantes a oportunidade de demonstrar seus conhecimentos, permitindo que eles monitorem seus acertos e deficiências, enquanto os professores utilizam os resultados para ajustar as estratégias de ensino (Airasian e Abrams, 2003; Luckesi, 2011). Isso depende de instrumentos de avaliação adequados, que têm as seguintes características, conforme Airasian e Abrams (2003): (i) o que é avaliado deve estar alinhado ao que foi ensinado; (ii) os exercícios, tarefas ou questões devem representar de forma adequada os objetivos ou metas previamente estabelecidos para a aprendizagem dos alunos; e (iii) as questões de avaliação, bem como as instruções e os procedimentos de correção e pontuação, devem ser claros, inequívocos e apropriados. Em síntese, a avaliação deve refletir o alinhamento entre o currículo definido, o que foi ensinado e o que é avaliado, tanto em relação aos conteúdos quanto aos processos cognitivos (Airasian e Abrams, 2003; Lee et al., 2017).

As avaliações em larga escala, como o Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) e o Programa Internacional de Avaliação de Estudantes (PISA), têm sido amplamente discutidas na literatura acadêmica devido à sua relevância no sistema educacional. Esses testes padronizados influencia na formulação de políticas educacionais e na definição de padrões de desempenho (Schmidt e Burroughs, 2016; Sousa e Ferreira, 2019).

1.2 O ENEM como avaliação em larga escala

No Brasil, desde a década de 1990, a avaliação em larga escala se consolidou como um mecanismo de regulação do sistema educacional, permitindo diagnósticos sobre a qualidade do ensino e da aprendizagem dos estudantes (Sousa e Ferreira, 2019). Em 1998, os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) inauguraram um novo conceito de ensino médio, com influência clara e admitida das propostas da Unesco sobre aprender a conhecer, aprender a fazer, aprender a viver e aprender a ser. O ensino médio, além de ser passagem para a educação superior, deveria ofertar preparação básica, ou seja, desenvolver competências para continuar a aprender, conviver, produzir e definir identidade própria (Castro e Tiezzi, 2005).

De fato, a partir de 1998, o ENEM, como é conhecido o Exame Nacional do Ensino Médio, foi implementado pelo governo brasileiro com fundamento nos conceitos de competências e habilidades. Com base na LDB/1996, tal teste se materializa com três

fundamentos: (1) contribuir para os estudantes autoavaliarem suas aprendizagens, (2) servir de base referencial para avaliar nacionalmente os resultados dos sistemas de ensino dos entes federativos (União, estados, Distrito Federal e municípios), e (3) substituir ou complementar o modelo tradicional de vestibulares (BRASIL, 1998).

Em anos recentes, diversos estudos analisaram o impacto do ENEM na educação básica. De acordo com Travitzki (2013), que avaliou limites e possibilidades do ENEM enquanto indicador de qualidade escolar, o modelo original do ENEM vigorou até o ano 2008. O autor esclarece, a partir de análise dos documentos oficiais do INEP, que o novo ENEM, desde 2009, avalia os estudantes através de questões com fundamentos teórico e organizacional diferentes.

A Teoria Clássica dos Testes (TCT) foi substituída pela Teoria da Resposta ao Item (TRI) e, organizacionalmente, há questões em que parte dos conhecimentos (os específicos) já devem ter sido dominados, os chamados “objetos de conhecimento” ou conteúdos presentes na matriz de referência. Portanto, o novo ENEM tem esses dois fundamentos. Os conteúdos específicos estão ligados às áreas do conhecimento, não às competências. Para cada área do conhecimento, há apenas uma habilidade em questão. Ao mesmo tempo, há questões em que parte dos conteúdos (os genéricos) estão ali presentes, cabendo aos estudantes a competência de mobilizá-los para produzir a resposta esperada. O problema, segundo os críticos, é que o novo ENEM busca avaliar competências, mas os itens tratam de conteúdo das áreas. Além disso, uma das principais características do novo ENEM é ser mais disciplinar do que interdisciplinar, aproximando-se do modelo dos vestibulares tradicionais (Travitzki, 2013). Stadler e Hussein (2017) analisaram os enunciados dos itens de ciências da natureza de 2009 a 2014 e corroboram a tese de que o novo ENEM é mais disciplinar do que interdisciplinar.

Na área de Química, pesquisas indicam que as questões do exame priorizam habilidades cognitivas de baixa ordem em detrimento das de alta ordem, contrariando as diretrizes da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) (Cintra et al., 2016; Marques et al., 2021). Em Biologia, uma análise da qualidade psicométrica das questões aplicadas entre 2009 e 2019 revelou que mais da metade dos itens eram eficazes para aferir a proficiência pretendida na área de Ciências da Natureza (Vizzotto, 2022). Esses achados levantam questionamentos sobre a capacidade do ENEM de fomentar uma formação crítica e reflexiva nos estudantes e sugerem a necessidade de revisão dos critérios de elaboração das questões.

Além da discussão sobre a natureza cognitiva dos itens, outra linha de investigação analisa os conteúdos específicos abordados pelo exame. Na área de Biologia, estudos identificaram a presença de temas como biodiversidade (Garcia, Franzolin e Bizzo, 2022), biologia celular (Santos e Cortelazzo, 2013), microbiologia (Sodré-Neto e Medeiros, 2018),

genética (Cestaro et al., 2020; Costa et al., 2024) e sistemática filogenética (Soares, Elias e Souza, 2023), entre outros.

1.3 Objetivos e questões de pesquisa

A investigação de Travitzki (2013) conclui que houve mudanças na estrutura do ENEM na transição para o novo modelo em 2009, mas permanece incerto quais conhecimentos e quais processos cognitivos são explorados nos novos tipos de questões e nas questões anteriores ao novo modelo do teste. Portanto, há uma lacuna na literatura quanto aos objetivos educacionais do teste de Biologia do ENEM. No Brasil, temos uma oportunidade única de avaliar as questões em Biologia, porque os arquivos do teste estão disponíveis no site do INEP. O presente trabalho contribui com novos conhecimentos para este campo.

Nosso objetivo geral é examinar a possível mudança nos raciocínios e nos requisitos de conhecimentos dos testes de Biologia entre o modelo original (versões 2007 e 2008) e o modelo atual do ENEM (versões 2022 e 2023). Este estudo é orientado pelas seguintes perguntas de pesquisa:

- Quais processos cognitivos são exigidos dos estudantes nas questões de Biologia do ENEM?
- Quais conhecimentos são exigidos dos estudantes nas questões de Biologia do ENEM?

A análise dos raciocínios e do conhecimento biológico que são explorados em duas formas diferentes do teste é relevante por, pelo menos, três razões. Primeiro, estudos recentes apontam lacunas na formação docente no que se refere à avaliação educacional, evidenciando dificuldades dos professores em formular questões de qualidade de maneira independente (Rahman, 2018). Muitos professores, devido à formação inadequada ou falta de recursos, não conseguem elaborar questões que contemplem adequadamente os diferentes processos cognitivos necessários para uma avaliação completa. Em segundo lugar, a falta de informações sobre os itens do ENEM pode comprometer a formação de futuros educadores, dificultando seu envolvimento crítico com os dados de avaliação e suas implicações para a prática pedagógica. Em terceiro lugar, os achados de uma investigação sobre itens do principal exame brasileiro para acesso à educação superior pode contribuir para melhorar os materiais educacionais.

Em síntese, este trabalho é justificado pela necessidade de entendimento dos objetivos da avaliação educacional, sobretudo nos exames em larga escala, em que os itens não apenas mensuram o desempenho dos estudantes, mas também influenciam a organização curricular e as práticas de ensino.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 A Taxonomia de Bloom Revisada

A fundamentação teórica para este trabalho foi derivada da Taxonomia de Bloom Revisada (doravante, TBR), que também usamos como estrutura para analisar nossos dados sobre testes de Biologia. Existem alternativas à TBR, como a “Taxonomy of Meaningful Learning” (Jonassen, 2007) e “Marzano's New Taxonomy of Learning” (Marzano e Kendall, 2007), entre outras. Após escrutínios ao longo dos anos, a TBR está mais desenvolvida, razão pela qual assumimos como referência central neste trabalho.

A "Taxonomia dos Objetivos Educacionais", conhecida como "Taxonomia de Bloom (TB)" e rebatizada em 2001 para "Taxonomia de Bloom Revisada (TBR)", surgiu da necessidade de padronizar avaliações acadêmicas nos Estados Unidos. Em 1948, a Associação Norte-Americana de Psicologia formou um comitê que, entre 1949 e 1953, desenvolveu essa classificação sob a liderança de Benjamin Bloom (Anderson, 2005).

Benjamin Bloom, professor da Universidade de Chicago, editou o manual "Taxonomia dos Objetivos Educacionais" (Bloom et al., 1956), focando na cognição. Ele acreditava que a Taxonomia era mais do que uma ferramenta de medição; ela poderia servir como 'uma linguagem comum sobre objetivos de aprendizagem' (Krathwohl, 2002, p. 212). Posteriormente, David Krathwohl et al. (1964) expandiram a taxonomia incluindo o domínio afetivo, e Anita Harrow (1972) adicionou o domínio psicomotor. A taxonomia original teve impacto considerável na educação, embora tenha recebido críticas quanto à sua neutralidade e estrutura hierárquica (Furst, 1981; Hill e McGaw, 1981) e de que não houve participação de mulheres durante o desenvolvimento da taxonomia (Hogsett, 1993).

Entre 1995 e 2000, oito pesquisadores liderados por Lorin Anderson e David Krathwohl revisaram a taxonomia original, motivados por avanços na psicologia educacional e críticas à taxonomia original. A revisão modificou três aspectos: terminologia, estrutura e ênfase. Na taxonomia original, os comportamentos eram designados por substantivos em seis categorias hierárquicas: conhecimento, compreensão, aplicação, análise, síntese e avaliação (Anderson, 2002, 2005).

A revisão da taxonomia original introduziu duas mudanças fundamentais. Em primeiro lugar, os pesquisadores estabeleceram a dimensão do conhecimento como uma dimensão específica, ou seja, separada da dimensão dos processos cognitivos (ver Tabela 1). Desse modo, substantivos são usados para tipos de conhecimento e verbos para processos mentais. Segundo,

renomearam as categorias: "conhecimento" para "lembrar", "compreensão" para "entender" e "síntese" para "criar". A taxonomia revisada passou a enfatizar, além da avaliação, o planejamento curricular (Anderson et al., 2001; Krathwohl, 2002).

Tabela 1 - Tabela de Taxonomia de Bloom Revisada

Dimensão dos conhecimentos	Dimensão dos processos cognitivos					
	Lembrar	Entender	Aplicar	Analisar	Avaliar	Criar
Conhecimento factual						
Conhecimento conceitual						
Conhecimento procedimental						
Conhecimento metacognitivo						

Fonte: Krathwohl, 2002

A mudança mais significativa foi a flexibilização da hierarquia na dimensão dos processos cognitivos. No modelo original, a hierarquia era mais rígida, com habilidades cognitivas básicas como pré-requisitos necessários para habilidades mais avançadas (Amer, 2006). Na TBR, não é preciso seguir rigidamente a sequência de processos cognitivos, havendo situações em que é possível ou mais adequado começar com processos cognitivos superiores e então dominar processos cognitivos mais básicos. Por exemplo, um aluno pode entender um conceito teórico depois de resolver um exercício prático. Alguns aspectos do entender, como explicar e inferir, podem ser mais desafiadores do que aspectos do analisar (Krathwohl, 2002).

Essas mudanças teóricas, principalmente a associação entre processos cognitivos e conhecimentos, são representadas através de uma tabela – Tabela de Taxonomia – com uma dimensão horizontal (modificada do modelo original) e uma dimensão vertical (introduzida na versão revisada). A dimensão dos processos cognitivos (horizontal) inclui seis categorias: lembrar, entender, aplicar, analisar, avaliar e criar (Anderson et al., 2001). As três primeiras podem ser chamadas de habilidades cognitivas de ordem inferior (LOCS – *lower-order cognitive skills*); as três últimas podem ser chamadas de habilidades cognitivas de ordem superior (HOCS – *higher-order cognitive skills*) (Tsaparlis e Zoller, 2003). O Quadro 1 oferece uma descrição sucinta da dimensão dos processos cognitivos.

A taxonomia revisada continua valorizando a progressão do aprendizado do simples para o complexo, assim como do concreto para o abstrato. No entanto, ela oferece mais

flexibilidade na forma como essa progressão ocorre. Isso significa que, embora um conceito mais complexo dependa do entendimento de conceitos mais simples, a ordem exata em que esses conceitos são apresentados pode variar de acordo com o aluno e o conteúdo. Então, um aluno pode começar explorando um conceito abstrato por meio de exemplos concretos e, posteriormente, aprofundar seu entendimento de forma mais teórica. Por outro lado, a dimensão do conhecimento não admite flexibilidade (Kratwohl, 2002).

Quadro 1 - Processos cognitivos na TBR

<p>1. Lembrar: Relacionado a reconhecer e reproduzir ideias e conteúdos. Reconhecer requer distinguir e selecionar uma determinada informação, e reproduzir ou recordar está mais relacionado à busca por uma informação relevante memorizada. Representado pelos seguintes verbos no gerúndio: reconhecendo e reproduzindo.</p>
<p>2. Entender: Relacionado a estabelecer uma conexão entre o novo e o conhecimento previamente adquirido. A informação é entendida quando o aprendiz consegue reproduzi-la com suas “próprias palavras”. Representado pelos seguintes verbos no gerúndio: interpretando, exemplificando, classificando, resumindo, inferindo, comparando e explicando.</p>
<p>3. Aplicar: Relacionado a executar ou usar um procedimento numa situação específica e pode também abordar a aplicação de um conhecimento numa situação nova. Representado pelos seguintes verbos no gerúndio: executando e implementando.</p>
<p>4. Analisar: Relacionado a dividir a informação em partes relevantes e irrelevantes, importantes e menos importantes e entender a inter-relação existente entre as partes. Representado pelos seguintes verbos no gerúndio: diferenciando, organizando, atribuindo e concluindo.</p>
<p>5. Avaliar: Relacionado a realizar julgamentos baseados em critérios e padrões qualitativos e quantitativos ou de eficiência e eficácia. Representado pelos seguintes verbos no gerúndio: checando e criticando.</p>
<p>6. Criar: Significa colocar elementos junto com o objetivo de criar uma nova visão, uma nova solução, estrutura ou modelo utilizando conhecimentos e habilidades previamente adquiridos. Envolve o desenvolvimento de ideias novas e originais, produtos e métodos por meio da percepção da interdisciplinaridade e da interdependência de conceitos. Representado pelos seguintes verbos no gerúndio: generalizando, planejando e produzindo</p>

Fonte: Ferraz e Belhot, 2010

Entre as habilidades cognitivas de ordem inferior, lembrar significa tanto reproduzir quanto reconhecer, e tais processos cognitivos são pré-requisitos para outros processos superiores. Na hierarquia, entender envolve a construção de conexões entre o conhecimento prévio e o novo conhecimento, e tal construção ocorre ou se manifesta através de interpretação, exemplificação, classificação, habilidade de resumir, inferência, comparação, explicação. Portanto, entender é o mais abrangente dos processos cognitivos (Anderson et al., 2001). Usar um conhecimento em uma tarefa familiar ou conhecida revela capacidade de aplicação, especificamente a habilidade de execução. Além da execução, a implementação de um conhecimento é outra forma de manifestar habilidade de aplicação. A implementação se refere

ao uso de conhecimentos em um problema que não é familiar para o aluno (Anderson et al., 2001). A análise é uma continuidade do entendimento, porque exige que os alunos processem e organizem conhecimentos de diferentes fontes (Anderson et al., 2001; Krathwohl, 2002).

Entre as habilidades cognitivas de ordem superior, analisar significa ser capaz de quebrar um material em suas partes constituintes e determinar como as partes se relacionam umas com as outras e em relação à estrutura inteira. Em específico, existem três maneiras de perceber a capacidade analítica: diferenciar, organizar, atribuir. Na diferenciação, o aluno decide quais informações são relevantes ou úteis para resolver uma determinada situação. A organização significa identificar as partes de uma estrutura ou situação e reconhecer como elas funcionam em um contexto geral. Na TBR, atribuir refere-se a enfatizar intenções, pontos de vista subjacentes a uma comunicação (Anderson et al., 2001; Krathwohl, 2002).

Os processos de entender e analisar estão inter-relacionados com os processos superiores de avaliar e criar. No processo de avaliar, o aluno está criticando ou checando algo de uma certa perspectiva e fazendo julgamentos e conclusões. A habilidade de julgar com base em critérios e padrões externos traduz o processo de avaliação, que também ocorre através de checagem, ou seja, com base em critérios internos. A categoria criar refere-se à geração de soluções diferentes para um problema, fornecimento de um plano para resolvê-lo, produção de algo. Essas três ações indicam o processo de criação. Criar exige que os alunos sintetizem material disperso em um todo organizado ou produto original (Anderson et al., 2001; Krathwohl, 2002).

A dimensão do conhecimento (vertical) contém quatro tipos de conhecimento: factual, conceitual, procedimental e metacognitivo. O conhecimento factual é o conhecimento, ou "elementos básicos", que os alunos devem saber para entender ou resolver problemas de uma determinada disciplina. Quando esses "elementos básicos" formam uma estrutura maior funcional e as inter-relações entre os conceitos são visíveis, é chamado de conhecimento conceitual organizado. O conhecimento procedimental refere-se ao conhecimento sobre como fazer algo e como pensar e investigar dentro da disciplina. O conhecimento metacognitivo é abstrato e difere das outras categorias de conhecimento: é autoconhecimento, autoconsciência, e "conhecimento da própria cognição" (Anderson et al., 2001; Krathwohl, 2002). O Quadro 2 oferece uma descrição sucinta da dimensão dos conhecimentos.

Quadro 2 - Dimensão dos conhecimentos na TBR

Categoria	Descrição	Subcategorias
Conhecimento factual	Relacionado ao conteúdo básico que o discente deve dominar a fim de que consiga realizar e resolver problemas apoiados nesse conhecimento. Nessa categoria, os fatos não precisam ser entendidos ou combinados, apenas reproduzidos como apresentados	Conhecimento da terminologia; conhecimento de detalhes e elementos específicos
Conhecimento conceitual	Relacionado à inter-relação dos elementos básicos num contexto mais elaborado que os discentes seriam capazes de descobrir. Elementos mais simples foram abordados e, agora, precisam ser conectados. Esquemas, estruturas e modelos foram organizados e explicados. Nessa fase, não é a aplicação de um modelo que é importante, mas a consciência de sua existência.	Conhecimento de classificação e categorização; conhecimento de princípios e generalizações; conhecimento de teorias, modelos e estruturas.
Conhecimento procedimental	Relacionado ao conhecimento de “como realizar alguma coisa” utilizando métodos, critérios, algoritmos e técnicas. Nesse momento, o conhecimento abstrato começa a ser estimulado, mas dentro de um contexto único, e não interdisciplinar	Conhecimento de conteúdos específicos, habilidades e algoritmos; conhecimento de técnicas específicas e métodos; conhecimento de critérios e percepção de como e quando usar um procedimento específico
Conhecimento metacognitivo	Relacionado ao reconhecimento da cognição em geral e à consciência da amplitude e da profundidade de conhecimento adquirido sobre um determinado conteúdo. Em contraste com o conhecimento procedural, esse conhecimento é relacionado à interdisciplinaridade. A ideia principal é utilizar conhecimentos previamente assimilados (interdisciplinares) para a resolução de problemas e/ou a escolha do melhor método, teoria ou estrutura	Conhecimento estratégico; conhecimento sobre atividades cognitivas, incluindo contextos preferenciais e situações de aprendizagem (estilos); autoconhecimento.

Fonte: Ferraz e Belhot, 2010

A Tabela de Taxonomia pode ser usada para analisar avaliações nacionais e para determinar os processos cognitivos e os tipos nos quais devemos nos concentrar, em vez de apontar aleatoriamente itens de teste específicos nas avaliações (Airasian e Miranda, 2002, p. 253-254). De fato, achados nesse sentido merecem atenção, como veremos a seguir.

2.2 Achados de pesquisas anteriores

Na literatura em avaliação educacional, a TBR é um referencial amplamente aceito para planejar o currículo, o ensino e a avaliação (Anderson et al., 2001; Anderson, 2005; Amer,

2006). De fato, a aplicação da estrutura da TBR é encontrada em estudos para redefinir os objetivos de planos de aula (Chizhik e Chizhik, 2016), ensinar sobre plágio a estudantes (Vosen, 2008), ajudar os estudantes a escrever melhor (Rank e Pool, 2014), avaliar cursos de anatomia humana (Thompson e Lake, 2023), avaliar a aprendizagem de alunos (Lord e Baviskar, 2007).

As investigações estão concentradas no uso da TBR para analisar os currículos. Uma análise comparativa dos currículos de ciências e matemática do ensino médio na República Tcheca e na Eslováquia (Káčovský et al., 2024) revela diferenças significativas nos processos cognitivos enfatizados. No currículo tcheco, os cursos de Biologia priorizam habilidades cognitivas de ordem inferior, especialmente a memorização, sugerindo uma abordagem voltada à aprendizagem mecânica. Em contraste, o currículo eslovaco de Biologia valoriza processos cognitivos de ordem superior, com ênfase na categoria "Criar", o nível mais elevado da TBR, evidenciando um compromisso com o desenvolvimento de habilidades complexas e criativas. Apesar dessas diferenças, ambos os currículos apresentam prevalência de processos cognitivos de ordem inferior, o que pode ser adequado para o ensino fundamental, mas suscita questionamentos quanto à sua adequação no ensino médio, nível em que os estudantes poderiam se beneficiar de desafios cognitivos mais complexos.

Nos currículos tcheco e eslovaco, o conhecimento conceitual é o mais frequentemente abordado nas disciplinas científicas, evidenciando uma tendência à valorização da compreensão de conceitos e princípios. O conhecimento procedimental aparece em segundo lugar em termos de prevalência, enquanto o conhecimento factual é menos exigido, representando menos de 15% dos objetivos de aprendizagem na maioria das disciplinas. Uma exceção ocorre na Química, em que o conhecimento factual tem maior representatividade em ambos os países. O conhecimento metacognitivo, embora presente de forma esporádica em ambos os países, aparece com maior destaque no ensino de Biologia, sobretudo em temas relacionados à saúde humana e aspectos do cotidiano, com tópicos de botânica, zoologia e ecologia.

Elmas et al. (2020) avaliaram, a partir da TBR, os currículos de Química do ensino médio na República Tcheca, Finlândia e Turquia, e identificaram padrões distintos na distribuição dos processos cognitivos. Os currículos tcheco e finlandês não incluem objetivos na dimensão "Lembrar", concentrando-se nas categorias "Entender", "Aplicar" e "Analisar". O currículo turco, embora contemple a dimensão "Lembrar", atribui-lhe apenas 4,8% dos objetivos (2,4% para lembrança de fatos e 2,4% para a lembrança de conceitos). A Finlândia se destaca por uma abordagem mais equilibrada das habilidades cognitivas superiores, com 23,5% dos objetivos na dimensão "Criar" e mais de 20% na dimensão metacognitiva. Em contraste, o currículo tcheco não contempla nem a dimensão "Criar" nem a metacognitiva. Já o currículo

turco abrange todas as dimensões do processo cognitivo, com predominância na categoria "Entender" (77,2%), com quase ausência dos processos de ordem superior.

As dimensões do conhecimento também variam entre os países analisados. O currículo turco realça o conhecimento conceitual, enfatizando o entendimento de conceitos químicos e suas inter-relações, além de atribuir importância ao conhecimento procedimental, que abrange métodos de cálculo e procedimentos experimentais. O currículo finlandês, por sua vez, salienta o conhecimento procedimental, refletindo uma orientação voltada à investigação e experimentação científica. Além disso, sua forte incorporação do conhecimento metacognitivo favorece a autorregulação da aprendizagem e o desenvolvimento do pensamento estratégico, preparando os estudantes para desafios complexos.

A comparação entre os currículos coreano e singapuriano (Lee et al., 2015) também revela diferenças marcantes nos processos cognitivos da Taxonomia de Bloom. No currículo coreano, "Lembrar" e "Entender" sobressaem (87,3% do total), enquanto em Singapura o foco está em "Entender" e "Aplicar" (86,7% do total). O currículo coreano fica marcado também pela ausência de objetivos de aprendizagem nas categorias "Analisar", "Avaliar" e "Metacognição", além de apresentar poucos objetivos na dimensão "Criar".

Quanto às categorias de ordem inferior, a dimensão "Lembrar" tem forte presença no currículo coreano, refletida no uso frequente do verbo "conhecer" (33,3%). No entanto, no currículo coreano, a dimensão "Entender" (54%) supera a prevalência da dimensão "Lembrar". A habilidade de "Lembrar" é menos expressiva no currículo de Singapura, em que há conexão entre o conhecimento factual e o processo cognitivo de "Lembrar" (13,3%). Em ambos os currículos, a maior parte dos objetivos de aprendizagem se concentra nas categorias "Entender" e "Conhecimento Conceitual".

No trabalho de Virranmäki (2020) sobre a aplicação da TBR aos exames de Geografia, foram comparados testes em papel e testes digitais. Nos testes em papel, as tarefas exigiam que os alunos produzissem textos, mapas, desenhos e realizassem cálculos. Em contraste, os testes digitais introduziram novos elementos, como questões de múltipla escolha e perguntas baseadas em diagramas, que exigiam principalmente habilidades cognitivas de ordem inferior. Os testes em papel abarcaram principalmente conhecimento conceitual, especialmente em questões baseadas em texto, enquanto o conhecimento procedimental era mais comum em outros tipos de tarefas. Em testes digitais, as perguntas baseadas em texto também exigiam principalmente conhecimento conceitual, mas outros tipos de tarefas se inclinavam para o conhecimento factual devido à prevalência de questões de múltipla escolha (Virranmäki, 2020).

Wei e Ou (2019) investigaram os currículos de ciências do ensino fundamental de quatro regiões chinesas (China continental, Taiwan, Hong Kong e Macau) usando a TBR. Em todas as quatro regiões, o conhecimento conceitual destacou-se como o tipo de conhecimento prevalente, com uma proporção superior a 60% na China continental, Taiwan e Macau, e 47,73% em Hong Kong. Em relação ao conhecimento procedimental, Taiwan explora mais do que as outras regiões o aprendizado de algoritmos, técnicas e métodos. Enquanto esse tipo de conhecimento é abordado em 24,47% do currículo, a abordagem em Hong Kong de 10,39% é comparativamente inferior à das outras regiões. Segundo Wei e Ou (2019), esse resultado reflete a filosofia taiwanesa de enfatizar os métodos de pesquisa e as habilidades fundamentais para aprender ciência e tecnologia.

Na dimensão do conhecimento factual, a proporção em Hong Kong foi de 41,56%, comparativamente superior à das outras regiões, todas inferior a 20%. O conhecimento metacognitivo não é abordado nos currículos escolares da China continental e Macau, enquanto Taiwan explora esse tipo de conhecimento na proporção de 1,06% e no currículo de Hong Kong a proporção é de 0,32%. No que concerne aos processos cognitivos, os autores notaram prevalência dos processos cognitivos mais baixos, em detrimento dos mais elevados, como analisar, avaliar e criar. Nas quatro regiões chinesas, lembrar e entender excedem dois terços do currículo escolar. Em Taiwan, chama a atenção que o currículo nacional de ciências para o ensino médio seja dominado por 70,57% de habilidades de memorização, seguida de 65,64% na China continental, e 46% em Macau. Apenas em Hong Kong, a lembrança é menos exigida (26,3%) em comparação ao raciocínio de entendimento (66,56%).

A respeito do ensino superior de Biologia, Momsen et al. (2010) investigaram planos de aula e questões utilizadas por professores de graduação em Biologia em exames e *quizzes*. Concluíram que os itens se concentraram nos níveis cognitivos mais baixos, os objetivos educacionais anunciados no projeto do curso não eram preditivos dos objetivos explorados nos exames, e, por fim, não houve influência do tamanho do curso ou do tipo de instituição nos processos cognitivos contemplados nas avaliações.

Essas análises comparativas reforçam a importância de compreender como diferentes sistemas educacionais estruturam seus currículos e distribuem os processos cognitivos e os tipos de conhecimentos. O alinhamento entre currículos e práticas avaliativas pode impactar diretamente o desenvolvimento das habilidades cognitivas dos estudantes e sua preparação para desafios acadêmicos e profissionais futuros.

3 MÉTODO

Neste estudo, optamos por uma abordagem qualitativa e, quanto ao procedimento, caracteriza-se como uma pesquisa descritiva. O objetivo central desse tipo de pesquisa é oferecer uma descrição detalhada e sistemática do assunto em estudo, não uma opinião. No que concerne à coleta de dados, a pesquisa documental produz conhecimentos a partir de documentos. Nas palavras de May (2004, p. 213), “[...] os documentos podem ser interessantes tanto pelo que deixam de fora assim como pelo que contêm. Eles não refletem simplesmente, mas também constroem a realidade social e as versões dos eventos”. O procedimento de análise documental é aquele em que o pesquisador não participa diretamente da construção das informações e dos dados analisados no decorrer da pesquisa. Em outras palavras, não gera novos dados diretamente, mas sim analisa, classifica e interpreta documentos já disponíveis para produzir conhecimento sobre um fenômeno (Bogdan e Biklen, 1994; Berg, 2004).

3.1 Seleção dos itens de Biologia e classificação segundo a TBR

Os arquivos com os itens de avaliação do ENEM, oficialmente divulgados pelo INEP (Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira), a autoridade administrativa do Brasil responsável por elaborar o exame, foram selecionados para este estudo. Os arquivos do exame apresentam cores variadas, com o objetivo de organização das salas de aula que recebem os respondentes. As questões em quaisquer arquivos são exatamente iguais quanto aos conteúdos abordados, então a cor é irrelevante para a análise das questões. Assim, de maneira aleatória, selecionamos o arquivo da prova na cor amarela.

O Exame Nacional é composto por dois arquivos, um que contém itens de ‘Ciências da Natureza e Matemática’, e outro com itens ‘Linguagens, Redação, e Ciências Humanas’. O teste de Ciências da Natureza avalia os estudantes por meio de 45 itens distribuídos entre os componentes curriculares Biologia, Física e Química.

Os arquivos analisados foram das aplicações do ENEM nos anos 2007, 2008, 2022 e 2023. A justificativa para a seleção desses anos reside no fato de que o ‘ENEM original’ vigorou de 1998 até 2008, e do ano 2009 em diante o Brasil convive com o ‘Novo ENEM’. Portanto, itens do modelo original e novo do exame formam o corpo geral da pesquisa, ao todo 180 itens de Ciências da Natureza.

Até o ano 2008, a lógica interdisciplinar prevaleceu na elaboração dos itens, e, a partir de 2009, a natureza disciplinar dos itens do ‘novo ENEM’ ficou evidenciada (Travitzki, 2013; Stadler e Hussein, 2017). Para a identificação das questões de Biologia presentes no exame,

foram utilizados os Objetos do Conhecimento, conforme o Edital nº 1, de 08 de maio de 2013 (BRASIL, 2013). No caso dos itens com abordagem mais interdisciplinar, a classificação foi realizada com base nos conceitos e habilidade exigidos para a resolução do item, bem como no assunto central. Desse modo, foram identificados 15 itens no exame de 2007, 11 itens no exame de 2008, 16 itens no exame de 2022, e 17 itens no exame de 2023.

Após a etapa de identificação dos itens específicos de Biologia, classificamos os itens à luz da TBR. A identificação dos itens de Biologia e a posterior classificação a partir da TBR foram feitas de maneira independente pelo primeiro autor e segundo autor deste trabalho, e reuniões presenciais estabeleceram consenso. A seguir, fornecemos alguns exemplos de aplicação da TBR em itens específicos de Biologia.

No item 54 da prova de 2007 (Figura 1), o principal processo cognitivo exigido é "lembrar", especificamente na subcategoria "reconhecer", pois o aluno precisa identificar a relação de ordem temporal entre fenômenos biológicos com base no conhecimento previamente adquirido. Não há necessidade de interpretação ou análise profunda, apenas a recuperação de informações já conhecidas. A questão envolve conhecimento factual, isto é, a duração relativa de processos biológicos específicos (germinação, crescimento e fossilização).

Figura 1 - Questão 54 da edição 2007 do ENEM

Questão 54

Fenômenos biológicos podem ocorrer em diferentes escalas de tempo. Assinale a opção que ordena exemplos de fenômenos biológicos, do mais lento para o mais rápido.

- A** germinação de uma semente, crescimento de uma árvore, fossilização de uma samambaia
- B** fossilização de uma samambaia, crescimento de uma árvore, germinação de uma semente
- C** crescimento de uma árvore, germinação de uma semente, fossilização de uma samambaia
- D** fossilização de uma samambaia, germinação de uma semente, crescimento de uma árvore
- E** germinação de uma semente, fossilização de uma samambaia, crescimento de uma árvore

Fonte: INEP (2007)

A lembrança é também o principal processo cognitivo explorado no item 104 da edição 2023 do ENEM (Figura 2). O aluno precisa simplesmente recuperar da memória qual é o produto primário da fotossíntese. A questão apresenta uma pista contextual (presença de cloroplastos funcionais) que permite recuperar da memória que o produto primário são carboidratos. Não é necessário explicar o processo de fotossíntese ou fazer inferências. Em

relação ao conhecimento, a questão requer conhecimento de um fato básico da biologia: cloroplastos produzem primariamente carboidratos. É um conhecimento de terminologia e elementos específicos, características do conhecimento factual. É um conhecimento isolado, não requer compreensão de classificações, categorias, princípios, generalizações, teorias ou modelos mais amplos.

Figura 2 - Questão 104 da edição 2023 do ENEM

QUESTÃO 104

Há muito tempo são conhecidas espécies de lesmas-do-mar com uma capacidade ímpar: guardar parte da maquinaria das células das algas que consomem — os cloroplastos — e mantê-los funcionais dentro das suas próprias células, obtendo assim parte do seu alimento. Investigadores portugueses descobriram que essas lesmas-do-mar podem ser mais eficientes nesse processo do que as próprias algas que consomem.

Disponível em: www.cienciahoje.pt. Acesso em: 10 fev. 2015 (adaptado).

Essa adaptação confere a esse organismo a capacidade de obter primariamente

- A** ácidos nucleicos.
- B** carboidratos.
- C** proteínas.
- D** vitaminas.
- E** lipídios.

Fonte: INEP (2008)

O processo cognitivo “entender” ocorre no item 10 na edição de 2008 do exame (Figura 3). O objetivo da questão é o entendimento do conceito de teia alimentar, e o recurso utilizado para esse fim é um texto jornalístico que destaca as relações complexas entre duas espécies de pássaros (tucano-toco e arara-azul) e uma espécie vegetal (manduvi). As espécies de pássaros exploram a espécie vegetal de maneira a garantir suas sobrevivências e disso resulta o sucesso de uma espécie interfere no sucesso ou fracasso reprodutivo de uma das espécies de pássaro ou da espécie de planta. Essas relações são o tópico central do texto que, se entendido pelos estudantes, espera-se que tal entendimento seja manifestado por um resumo ou frase contido em cada proposta de resposta acerca do conceito de teia alimentar.

Figura 3 - Item 10 da edição 2008 do ENEM

Questão 10

Um estudo recente feito no Pantanal dá uma boa idéia de como o equilíbrio entre as espécies, na natureza, é um verdadeiro quebra-cabeça. As peças do quebra-cabeça são o tucano-toco, a arara-azul e o manduvi. O tucano-toco é o único pássaro que consegue abrir o fruto e engolir a semente do manduvi, sendo, assim, o principal dispersor de suas sementes. O manduvi, por sua vez, é uma das poucas árvores onde as araras-azuis fazem seus ninhos.

Até aqui, tudo parece bem encaixado, mas... é justamente o tucano-toco o maior predador de ovos de arara-azul — mais da metade dos ovos das araras são predados pelos tucanos. Então, ficamos na seguinte encruzilhada: se não há tucanos-toco, os manduvis se extinguem, pois não há dispersão de suas sementes e não surgem novos manduvinhos, e isso afeta as araras-azuis, que não têm onde fazer seus ninhos. Se, por outro lado, há muitos tucanos-toco, eles dispersam as sementes dos manduvis, e as araras-azuis têm muito lugar para fazer seus ninhos, mas seus ovos são muito predados.

Internet: <<http://oglobo.globo.com>> (com adaptações).

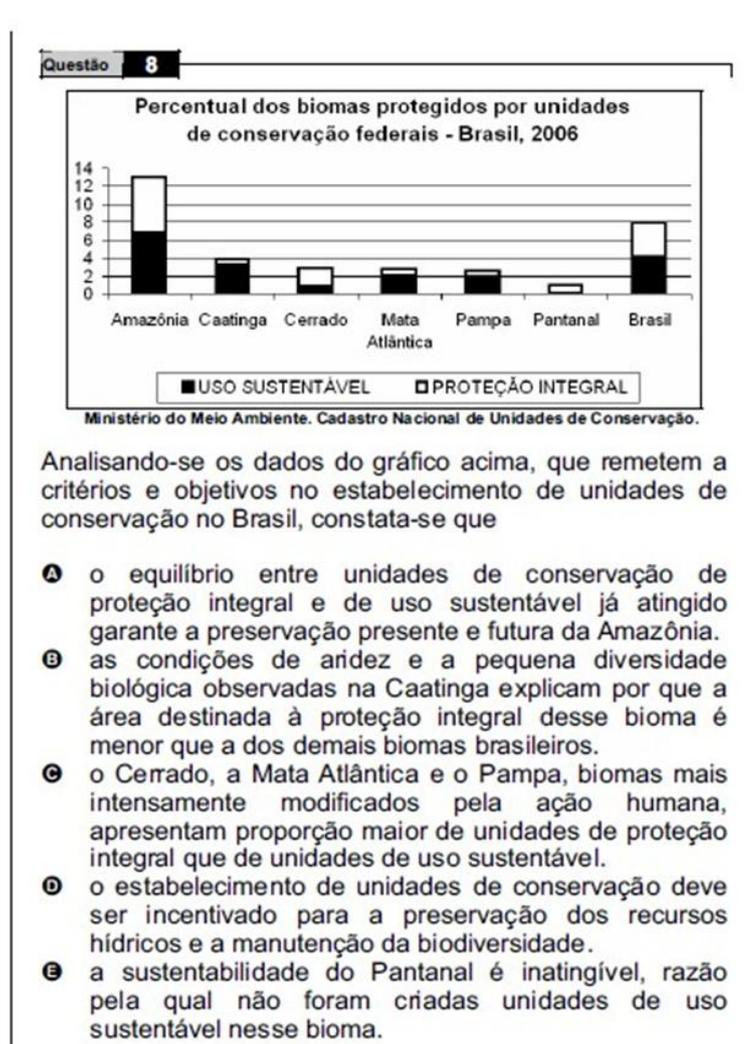
De acordo com a situação descrita,

- A** o manduvi depende diretamente tanto do tucano-toco como da arara-azul para sua sobrevivência.
- B** o tucano-toco, depois de engolir sementes de manduvi, digere-as e torna-as inviáveis.
- C** a conservação da arara-azul exige a redução da população de manduvis e o aumento da população de tucanos-toco.
- D** a conservação das araras-azuis depende também da conservação dos tucanos-toco, apesar de estes serem predadores daquelas.
- E** a derrubada de manduvis em decorrência do desmatamento diminui a disponibilidade de locais para os tucanos fazerem seus ninhos.

Fonte: INEP (2008)

Na edição de 2008 do exame, o item 8 (Figura 4) também explora o entendimento dos estudantes. Através de um gráfico de barras, dados sobre duas estratégias de proteção de biomas (estratégia do uso sustentável e estratégia da proteção integral) são apresentados. A partir do gráfico, que é uma forma representacional, espera-se que os alunos cheguem a uma resposta ou conclusão textual. Para fazer essa conversão, é necessário interpretar, que é um aspecto do entender. As estratégias de proteção são fatos ou eventos realizados que, após a interpretação dos dados relativos a esses eventos, levam à conclusão sobre quais deles merecem mais investimentos para proteção dos biomas.

Figura 4 - Item 08 da edição 2008 do ENEM



Fonte: INEP (2008)

Na questão 99 do ENEM 2023, predomina o processo cognitivo de entender (explicar). O estudante precisa reconhecer que o RNAm da vacina é traduzido em proteínas virais e que essas proteínas desencadeiam a resposta imunológica. Reconhecer também a sequência causal: RNAm → proteína viral → resposta imune. A partir daí, o aluno deve estabelecer uma relação causal entre a tradução proteica (função do RNAm) e resposta imune. A questão exige conceitos de biologia celular (tradução) e da imunologia (resposta imunológica). A vacina de RNA mensageiro (RNAm) contém sequências genéticas que codificam proteínas virais (como a proteína Spike do SARS-CoV-2). Quando esse RNAm entra na célula, ele é traduzido pelos ribossomos, resultando na produção da proteína viral. O sistema imunológico reconhece essa proteína como um antígeno e gera uma resposta imune, produzindo anticorpos e ativando células de defesa.

Para exemplificar como procedemos na interpretação da ocorrência do processo cognitivo analisar e o conhecimento procedimental, destacamos a questão 120 do ENEM 2023.

Figura 5 - Item 120 da edição 2023 do ENEM

QUESTÃO 120

Pais com síndrome de Down

A síndrome de Down é uma alteração genética associada à trissomia do cromossomo 21, ou seja, o indivíduo possui três cromossomos 21 e não um par, como é normal. Isso ocorre pela união de um gameta contendo um cromossomo 21 com um gameta possuidor de dois cromossomos 21. Embora, normalmente, as mulheres com a síndrome sejam estéreis, em 2008, no interior de São Paulo, uma delas deu à luz uma menina sem a síndrome de Down.

MORENO, T. Três anos após dar à luz, mãe portadora de síndrome de Down revela detalhes de seu dia a dia. Disponível em: www.band.uol.com.br. Acesso em: 31 out. 2013 (adaptado).

Sabendo disso, um jovem casal, ambos com essa síndrome, procura um médico especialista para aconselhamento genético porque querem ter um bebê.

O médico informa ao casal que, com relação ao cromossomo 21, os zigotos formados serão

- A todos normais.
- B todos tetrassômicos.
- C apenas normais ou tetrassômicos.
- D apenas trissômicos ou tetrassômicos.
- E normais, trissômicos ou tetrassômicos.

Fonte: INEP (2023)

A questão exige que o estudante diferencie os possíveis resultados genéticos de um cruzamento específico, distinguindo entre gametas normais e anômalos, e as possíveis combinações zigóticas resultantes. É necessário compreender a lógica subjacente à transmissão de cromossomos em indivíduos com síndrome de Down e como isso afeta a composição cromossômica dos gametas. Trata-se de um conhecimento procedimental, porque envolve conhecimento sobre **técnicas específicas de genética**, como a análise de cruzamentos (*cross analysis*) e segregação cromossômica. A resolução envolve conhecer a metodologia de análise de heredogramas e previsão de probabilidades genéticas. Em suma, o estudante precisa decompor o problema em partes constituintes (análise da composição cromossômica dos gametas de cada progenitor) e então reorganizar essas informações (combinação dos gametas para formar zigotos possíveis), como um geneticista faria ao realizar um aconselhamento genético, demonstrando conhecimento procedimental das técnicas específicas da disciplina.

4 RESULTADOS

4.1 Dados

As tabelas 2, 3, 4 e 5 descrevem nossa categorização dos dados da série histórica dos exames (2007 e 2008; 2022 e 2023) a partir da TBR. Os números nas tabelas correspondem à identificação dos itens nos arquivos oficiais do exame.

Tabela 2 - Questões de biologia do ENEM 2007 (prova amarela) classificadas na TBR

Dimensão dos conhecimentos	Dimensão dos processos cognitivos					
	Lembrar	Entender	Aplicar	Analisar	Avaliar	Criar
Conhecimento factual	54, 55	6, 7, 9, 23, 30, 31, 32, 39, 41, 45, 47				
Conhecimento conceitual	33	56				
Conhecimento procedimental						
Conhecimento metacognitivo						

Fonte: própria

A análise das questões de Biologia do ENEM 2007 revelou prevalência do processo cognitivo "Entender", presente em 12 questões (80%) do total de 15. Destas, 11 questões (73,3%) foram classificadas na intersecção com o conhecimento factual e 1 questão (6,7%) com o conhecimento conceitual. A habilidade de "Lembrar" foi identificada em 3 questões (20%), sendo 2 questões (13,3%) em sua intersecção com o conhecimento factual e 1 questão (6,7%) com o conhecimento conceitual.

Tabela 3 - Questões de biologia do ENEM 2008 (prova amarela) classificadas na TBR

Dimensão dos conhecimentos	Dimensão dos processos cognitivos					
	Lembrar	Entender	Aplicar	Analisar	Avaliar	Criar
Conhecimento factual						
Conhecimento conceitual		6, 7, 8, 9, 10, 20, 27, 28, 52, 53, 57				
Conhecimento procedimental						
Conhecimento metacognitivo						

Fonte: própria

A análise das questões de Biologia do ENEM 2008 evidenciou concentração exclusiva nos subprocessos do raciocínio "Entender", todos em ligação com o conhecimento conceitual.

Tabela 4 - Questões de biologia do ENEM 2022 (prova amarela) classificadas na TBR

Dimensão dos conhecimentos	Dimensão dos processos cognitivos					
	Lembrar	Entender	Aplicar	Analisar	Avaliar	Criar
Conhecimento factual	113, 123					
Conhecimento conceitual	117, 128	91, 94,98, 100,101, 103,104,114, 121, 131,135				
Conhecimento procedimental		107				
Conhecimento metacognitivo						

Fonte: própria

A análise das questões de Biologia do ENEM 2022 evidenciou prevalência do raciocínio "Entender", presente em 12 questões (75%) do total de 16. Destas, 11 questões (68,8%) foram classificadas na intersecção com o conhecimento conceitual e 1 questão (6,2%) com o conhecimento procedimental. O processo cognitivo "Lembrar" foi identificado em 4 questões

(25%), distribuídas igualmente entre as intersecções com conhecimento factual e conceitual, cada uma com 2 questões (12,5%).

Tabela 5 - Questões de biologia do ENEM 2023 (prova amarela) classificadas na TBR

Dimensão dos conhecimentos	Dimensão dos processos cognitivos					
	Lembrar	Entender	Aplicar	Analisar	Avaliar	Criar
Conhecimento factual	104,105, 107,109, 113	116, 123				
Conhecimento conceitual	111	99, 100, 103, 122, 124, 127, 131, 132				
Conhecimento procedimental			120			
Conhecimento metacognitivo						

Fonte: própria

No exame de 2023, a habilidade "Entender" foi prevalente, presente em 11 questões (64,7%) do total de 17, com ênfase na intersecção com o conhecimento conceitual (9 questões, 52,9%) em comparação com o conhecimento factual (2 questões, 11,8%). A habilidade "Lembrar" foi identificada em 6 questões (35,3%), sendo 5 questões (29,4%) em sua intersecção com o conhecimento factual e 1 questão (5,9%) com o conhecimento conceitual. A habilidade "Aplicar" teve presença minoritária, identificada em apenas 1 questão (5,9%), em sua intersecção com o conhecimento procedimental.

4.2 Interpretação dos dados

A análise das questões de Biologia do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) entre os anos de 2007, 2008, 2022 e 2023 revelou um padrão consistente de ênfase na dimensão cognitiva "Entender", com variações na distribuição dos tipos de conhecimento associados. Nos quatro anos analisados, essa dimensão foi predominante, representando de 64,7% (2023) a 80% (2007) das questões, evidenciando uma tendência sistemática na avaliação da disciplina. Em particular, notamos um foco no subprocesso "Explicar", indicando que os itens do exame exigem dos estudantes a construção de modelos de causa e efeito para os fenômenos biológicos.

Em termos de distribuição dos tipos de conhecimento, os resultados apontam para um contraste marcante entre os exames de 2007 e 2008 e as aplicações mais recentes. No início da série histórica analisada, a intersecção entre a dimensão "Entender" e o conhecimento factual foi dominante, especialmente em 2007, quando 73,3% das questões dessa categoria estavam associadas a esse tipo de conhecimento. Em contrapartida, a análise dos exames de 2022 e 2023 evidencia uma transição para um maior alinhamento com o conhecimento conceitual, que passou a representar a maioria das questões associadas à habilidade de "Entender" (68,8% em 2022 e 52,9% em 2023). Esse deslocamento sugere uma mudança no enfoque das avaliações, possivelmente refletindo reformulações nas diretrizes curriculares e nas expectativas de aprendizagem ao longo dos anos.

Outro padrão identificado foi a presença constante, embora minoritária, da dimensão "Lembrar", que variou entre 20% (2007) e 35,3% (2023) das questões. Notadamente, esse processo cognitivo esteve predominantemente associado ao conhecimento factual, reforçando um perfil de avaliação que exige reconhecimento de informações memorizadas. Esse achado ressalta a persistência de itens que enfatizam a recuperação de conteúdos previamente estudados, em contraste com a tendência de maior valorização da compreensão conceitual observada na dimensão "Entender".

Embora as habilidades cognitivas de ordem superior sejam frequentemente destacadas como fundamentais para a educação científica, os resultados indicam uma presença residual da dimensão "Aplicar", identificada apenas em uma questão em 2023 (5,9%), em intersecção com o conhecimento procedimental. Essa baixa incidência sugere que o ENEM prioriza o reconhecimento e o entendimento de conceitos e fatos, com pouca ênfase na aplicação de conhecimentos em situações novas.

Os padrões identificados nos dados revelam, portanto, um exame que mantém a coerência na prevalência da habilidade "Entender", mas que, ao longo do tempo, apresentou mudanças na natureza do conhecimento associado a essa habilidade. Ao mesmo tempo, contrastes emergem na permanência de questões baseadas em "Lembrar", especialmente ligadas ao conhecimento factual, o que pode indicar uma tensão entre diferentes concepções sobre o que deve ser avaliado no ensino de Biologia.

5 DISCUSSÃO

Os resultados deste estudo revelam prevalência de processos cognitivos de ordem inferior nas questões do ENEM, em especial nas categorias "Entender" e "Lembrar" da TBR. Esse padrão está alinhado com achados da literatura internacional que apontam para uma tendência semelhante em currículos e avaliações educacionais. Por exemplo, a análise dos currículos de ciências e matemática do ensino médio na República Tcheca e na Eslováquia (Káčovský et al., 2024) mostra que, apesar de diferenças na ênfase dada a categorias específicas, ambos os países mantêm um foco substancial nos processos cognitivos de ordem inferior. Da mesma forma, Wei e Ou (2019) identificaram que os currículos de ciências em diferentes regiões chinesas também são dominados por processos cognitivos menos complexos, como "Lembrar" e "Entender". Os currículos nacionais de ciências em Singapura e na Coreia não contemplam os processos de "Analisar" e "Avaliar".

Entretanto, ao contrastarmos nossos resultados com estudos que analisaram currículos em diferentes países, algumas diferenças emergem. O estudo de Elmas et al. (2020) sobre currículos de química na República Tcheca, Finlândia e Turquia indica que alguns sistemas educacionais excluem completamente a categoria "Lembrar" e distribuem seus objetivos entre "Entender", "Aplicar" e "Analisar". Em particular, a Finlândia se destaca pela alta incidência da categoria "Criar" e pelo forte uso do conhecimento metacognitivo, uma abordagem que contrasta fortemente com os padrões observados no ENEM. Essa diferença sugere que, enquanto alguns sistemas educativos priorizam habilidades cognitivas mais elevadas, a avaliação brasileira permanece ancorada em processos de nível inferior.

Outra diferença está na dimensão do conhecimento. Nossos achados revelam que o ENEM enfatiza amplamente o conhecimento conceitual, um padrão também identificado nos currículos tcheco e eslovaco (Káčovský et al., 2024) e nos currículos de ciências das regiões chinesas analisadas por Wei e Ou (2019). A Finlândia enfatiza os conhecimentos procedimental e metacognitivo, promovendo uma formação que incentiva a investigação científica e a regulação da aprendizagem (Elmas et al., 2020). Portanto, enquanto alguns países equilibram a presença do conhecimento conceitual com o procedimental e o metacognitivo, o ENEM se distancia dessa abordagem.

Um elemento particularmente intrigante nos resultados sobre o ENEM está na mudança da categoria "Entender" ao longo dos anos analisados. Enquanto em 2007 essa categoria estava fortemente associada ao conhecimento factual, em 2023 a ênfase recai sobre o entendimento do conhecimento conceitual. Essa transição pode ser interpretada como uma evolução na qualidade

cognitiva da avaliação, mas ainda dentro de um escopo restrito, já que processos mais complexos, como "Analisar", "Avaliar" e "Criar", permanecem pouco explorados. Essa observação corrobora os achados de outros autores, como os de Momsen et al. (2010). Esses autores identificaram um desalinhamento entre os objetivos educacionais anunciados nos projetos de curso de Biologia no ensino superior e os processos cognitivos realmente avaliados em exames. Esse desalinhamento também pode ser verificado no ENEM, que, embora se proponha a avaliar competências amplas, ainda prioriza processos cognitivos de nível inferior.

Os padrões identificados nesta pesquisa reforçam a necessidade de revisão na elaboração dos itens do ENEM, especialmente no que se refere ao balanceamento entre os diferentes processos cognitivos e tipos de conhecimento. O contraste entre nossos resultados e os padrões observados em países como Finlândia e Turquia sugere que uma incorporação mais expressiva de processos cognitivos de ordem superior e do conhecimento metacognitivo poderia alinhar o exame brasileiro aos desafios educacionais contemporâneos. Além disso, a mudança na forma como a categoria "Entender" é trabalhada ao longo dos anos analisados aponta para uma evolução na avaliação da Biologia no ENEM, mas ainda limitada dentro do espectro das habilidades cognitivas exigidas. Essas questões são fundamentais para futuras discussões sobre o aprimoramento das avaliações educacionais no Brasil.

6 CONCLUSÃO

Os resultados desta pesquisa evidenciam que as questões de Biologia do ENEM são predominantemente estruturadas em processos cognitivos de ordem inferior. As categorias "Entender" (especialmente no subprocesso "Explicar") e "Lembrar" (com predominância de "Reconhecer") são as mais recorrentes, enquanto habilidades cognitivas superiores não foram contempladas. Além disso, os conhecimentos conceitual e factual prevalecem, com o conhecimento procedimental praticamente ausente e nenhuma questão abordando o conhecimento metacognitivo. Essa combinação pode restringir a diversidade de abordagens pedagógicas, direcionando-as para um treinamento focado na retenção e reprodução de informações, em detrimento do desenvolvimento de habilidades mais complexas.

Este estudo contribui para o campo da avaliação educacional ao mostrar, com base na TBR, quais processos cognitivos e tipos de conhecimento são exigidos no exame. Enquanto grande parte das pesquisas se concentra na análise documental de currículos, a presente investigação permite compreender como essas diretrizes são efetivamente aplicadas.

Em termos práticos, os achados podem auxiliar professores na seleção criteriosa de questões do ENEM para uso em sala de aula, possibilitando alinhamento mais consistente entre ensino e avaliação. Além disso, os resultados ressaltam a necessidade de uma revisão crítica tanto das diretrizes curriculares quanto das práticas avaliativas, de modo a garantir maior coerência entre ensino e avaliação e fomentar uma formação científica mais alinhada aos desafios do século XXI.

Apesar de sua relevância, este estudo apresenta algumas limitações. A série histórica analisada poderia ser maior, o que permitiria uma compreensão mais ampla das tendências avaliativas ao longo do tempo. Além disso, embora o INEP faça reaplicação do exame, por problemas logísticos e doenças infectocontagiosas, consideramos apenas a primeira aplicação.

Pesquisas futuras poderiam expandir essa abordagem para outras áreas do conhecimento e outros exames, investigando se padrões semelhantes emergem em diferentes contextos avaliativos. Além disso, estudos qualitativos poderiam explorar como professores e alunos percebem o impacto desses padrões na aprendizagem, contribuindo para um debate mais aprofundado sobre a relação entre avaliação e ensino no contexto educacional brasileiro.

Esse panorama sugere implicações relevantes para a educação científica, uma vez que a avaliação pode influenciar as estratégias didáticas adotadas pelos professores e a forma como os estudantes se preparam para o exame. A ênfase no processo "Entender", combinada à transição do conhecimento factual para o conceitual, pode sinalizar uma tentativa de alinhar o

exame a diretrizes que promovem um ensino mais baseado na compreensão estruturada de conceitos. Contudo, a baixa presença de processos cognitivos mais complexos, como "Aplicar", pode representar um desafio para o desenvolvimento de competências que envolvam a transferência do conhecimento para problemas mais complexos.

REFERÊNCIAS

- AIRASIAN, P. W.; ABRAMS, L. M. Classroom students valuation. *In: KELLAGHAN, J. T.; STUFFLEBEAM, D. L. (ed.). International handbook of educational evaluation*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2003, p. 533-548.
- AIRASIAN, P. W.; MIRANDA, H. The role of assessment in the revised taxonomy. **Theory into Practice**, v. 41, n. 4, p. 249–254, 2002.
- AMER, A. Reflections on Bloom's Revised Taxonomy. **Electronic Journal of Research in Educational Psychology**, v. 4, n. 8, p. 213-230, 2006.
- ANDERSON, L. W. Curricular Alignment: A Re-Examination. **Theory Into Practice**, v. 41, n. 4, p. 255-260, 2002.
- ANDERSON, L. W. Objectives, evaluation, and the Improvement of Education. **Studies in Educational Evaluation**, v. 31, p. 102-113, 2005.
- ANDERSON, L. W.; KRATHWOHL, D. R.; AIRASIAN, P.; CRUIKSHANK, K.; MAYER, R.; PINTRICH, P.; WITTRICK, M. **A taxonomy for learning, teaching and assessing: A revision of Bloom's taxonomy**. New York, NY: Longman Publishing, 2001.
- BERG, B. L. **Qualitative Research Methods for the Social Sciences**. 5. ed. Pearson Education, 2004.
- BLOOM, B. S.; ENGLEHART, M. D.; FURST, E. J.; HILL, W. H.; KRATHWOHL, D. R. **Taxonomy of educational objectives: Handbook I. Cognitive domain**. New York: David McKay, 1956.
- BOGDAN, R. C.; BIKLEN, S. K. **Investigação qualitativa em educação: uma introdução à teoria e aos métodos**. Portugal: Porto Editora, 1994.
- BRASIL. Ministério da Educação. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. **Edital nº 01, de 08 de maio de 2013**. Exame Nacional do Ensino Médio – ENEM 2013. Brasília: MEC/Inep, 2013.
- CASTRO, M. H. G.; TIEZZI, S. A reforma do ensino médio e a implantação do Enem no Brasil. *In: BROCK, C.; SCHWARTZMAN, S. (org.)*. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 2005.
- CESTARO, D. C.; KLEINKE, M. U.; ALLE, L. F. Uma análise do desempenho dos participantes e do conteúdo abordado em itens de genética e biologia evolutiva do exame nacional do ensino médio (ENEM): implicações curriculares. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 25, n. 3, p. 503-536, 2020.
- CHIZHIK, E. W.; CHIZHIK, A. W. (Re)Conceptualizing the Purpose of the Lesson Plan. **The Journal of Educational Thought (JET)**, v. 49, n. 2, p. 210-25, 2016.
- CINTRA, E. P.; MARQUES JUNIOR, A. C.; SOUSA, E. C. Correlação entre a matriz de referência e os itens envolvendo conceitos de Química presentes no ENEM de 2009 a 2013. **Ciência & Educação**, v. 22, n. 3, p. 707-725, 2016.
- COSTA, K.; SOUZA, R. A.; NASCIMENTO, A. G.; RODRIGUES, F. M. Análise do conteúdo de genética presente no ENEM no período de 1998 a 2022. **Revista Multidisciplinar de Educação e Meio Ambiente**, v. 5, n. 1, 2024.

- ELMAS, R. et al. The Intellectual Demands of the Intended Chemistry Curriculum in Czechia, Finland, and Turkey: A Comparative Analysis Based on the Revised Bloom's Taxonomy. **Chemistry Education Research and Practice**, v. 21, n. 3, p. 839-851, 2020.
- FURST, E. J. Bloom's Taxonomy of Educational Objectives for the Cognitive Domain: Philosophical and Educational Issues. **Review of Educational Research**, v. 51, n. 4, p. 441-453, 1981.
- FERRAZ, A. P. C. M.; BELHOT, R. V. Taxonomia de Bloom: revisão teórica e apresentação das adequações do instrumento para definição de objetivos instrucionais. **Gestão & Produção**, v.17, n. 2, p. 421-431, 2010.
- GARCIA, P. S.; FRANZOLIN, F. A.; BIZZO, N. Longitudinal Study on Biodiversity in Ten Years of National High School Exam. **Acta Scientiae**, v. 24, n. 2, p. 88-117, 2022.
- HARROW, A. J. **A Taxonomy of the Psychomotor Domain**. David McKay, 1972.
- HILL, P. W.; MCGAW. B. Testing the Simplex Assumption Underlying Bloom's Taxonomy. **American Educational Research Journal**, v. 18, n. 1, p. 93-101, 1981.
- HOGSETT, C. Women's Ways of Knowing Bloom's Taxonomy. **Feminist Teacher**, v. 7, n. 3, p. 27-32, 1993.
- JONASSEN, D. H. A Taxonomy of Meaningful Learning. **Educational Technology**, v. 47, n. 5, p. 30-35, 2007.
- KÁCOVSKÝ, P.; JEDLIČKOVÁ, T.; KUBA, R.; SNĚTINOVÁ, M.; SURYNKOVÁ, P.; VRHEL, M.; STRATILOVÁ URVÁLKOVÁ, E. Czech and Slovak intended curricula in science subjects and mathematics: a comparative study. **International Journal of Science Education**, v. 46, n. 5, p. 440-461, 2023.
- KRATHWOHL, D. R. A revision of bloom's taxonomy: An overview. **Theory into Practice**, v. 41, n. 4, p. 212-218, 2002.
- KRATHWOHL, D. R.; BLOOM, B. S.; MASIA, B. B. **Taxonomy of Educational Objectives. Handbook II: The Affective Domain**, New York: David McKay Company, 1964.
- LEE, Y. J.; KIM, M.; YOON, H. G. The intellectual demands of the intended primary science curriculum in Korea and Singapore: An analysis based on revised Bloom's taxonomy. **International Journal of Science Education**, v. 37, p. 2193-2213, 2015.
- LEE, Y.; KIM, M.; JIN, O.; YOON, H.; MATSUBARA, K. **East-Asian primary science curricula - An overview using revised Bloom's taxonomy**. Springer, 2017.
- LORD, T.; BAVISKAR, S. Moving Students From Information Recitation to Information Understanding: Exploiting Bloom's Taxonomy in Creating Science Questions. **Journal of College Science Teaching**, v. 36, n. 5, p. 40-44, 2007.
- LUCKESI, C. **Avaliação da aprendizagem escolar: estudos e proposições**. 22. ed. São Paulo: Cortez Editora, 2011.
- MAY, T. Pesquisa documental: escavações e evidências. In: **Pesquisa social: questões métodos e processos**. Artmed, 2004. p. 206-230.

- MARQUES, F. C.; NASCIMENTO, B. C.; SOUZA, T. S. Distorções entre a BNCC e o ENEM: uma visão focada em ciências da natureza utilizando a taxonomia de Bloom revisada. **Revista Eletrônica Científica Ensino Interdisciplinar**, v. 7, n. 20, p. 129-147, 2021.
- MARZANO, R.; KENDALL, J. **The new taxonomy of educational objectives**. 2. ed. Thousand Oaks, CA: Corwin Press, 2007.
- MOMSEN, J. L. Just the Facts? Introductory Undergraduate Biology Courses Focus on Low-Level Cognitive Skills. **CBE—Life Sciences Education**, v. 9, p. 435-440, 2010.
- RAHMAN, M. M. Teachers' Perceptions and Practices of Classroom Assessment in Secondary School Science Classes in Bangladesh. **International Journal of Science and Research**, v. 7, n. 6, p. 254-263, 2018.
- RANK, A.; POOL, H. Writing Better Writing Assignments. **Political Science & Politics**, v. 47, n. 3, p. 675-681, 2014.
- SANTOS, J. S.; CORTELAZZO, A. L. Os conteúdos de biologia celular no Exame Nacional do Ensino Médio – ENEM. **Avaliação**, v. 18, n. 3, p. 591-612, 2013.
- SCHMIDT, W. H.; BURROUGHS, N. A. Influencing public school policy in the United States: the role of large-scale assessments. **Research Papers in Education**, v. 31, n. 5, p. 567-577, 2016.
- SOARES, A. C.; ELIAS, M. A.; SOUZA, A. S. B. Sistemática Filogenética: um olhar panorâmico a partir do exame nacional do ensino médio – ENEM. **Ciência em Evidência, Revista Multidisciplinar**, v. 4 (FC), e023010, 2023.
- SODRÉ-NETO, L.; MEDEIROS, A. D. Considerações sobre contextualização e interdisciplinaridade na abordagem da microbiologia no novo exame nacional do ensino médio (ENEM). **Revista Ciências & Ideias**, v. 9, n. 1, p. 89-100, 2018.
- SOUSA, C. P.; FERREIRA, S. L. Avaliação de larga escala e da aprendizagem na escola: um diálogo necessário. **Psicologia da Educação**, v. 48, p. 13-23, 2019.
- STADLER, J. P.; HUSSEIN, F. R. G. S. O perfil das questões de ciências naturais do novo Enem: interdisciplinaridade ou contextualização? **Ciência & Educação**, v. 23, n. 2, p. 391-402, 2017.
- TSAPARLIS, G.; ZOLLER, U. Evaluation of higher vs. lower-order cognitive skills-type examinations in chemistry: implications for university in-class assessment and examinations. **University Chemistry Education**, v.7, n.2,p.37-63, 2003.
- THOMPSON, A. R.; LAKE, L. P. O. Relationship between learning approach, Bloom's taxonomy, and student performance in an undergraduate Human Anatomy course. **Advances in Health Sciences Education**, v. 28, p. 1115-1130, 2023.
- TRAVITZKI, R. **ENEM: limites e possibilidades do Exame Nacional do Ensino Médio enquanto indicador de qualidade escolar**. 2013. Tese (Doutorado em Educação) - Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.
- VIRANMÄKI, E.; VALTA-HULKKONEN, K.; PELLIKKA, A. Geography tests in the Finnish Matriculation Examination in paper and digital forms – An analysis of questions based on revised Bloom's taxonomy. **Studies in Educational Evaluation**, v. 66, p. 1-13, 2020.

VIZZOTTO, P. Análise e classificação das questões de Biologia do ENEM segundo suas características psicométricas. **Revista de Ensino de Biologia da SBEnBio**, v. 15, n. 1, p. 314-332, 2022.

VOSEN, M. A. Using Bloom's Taxonomy to Teach Students about Plagiarism. **The English Journal**, v. 97, n. 6, p. 43-46, 2008.

WEI, B.; OU, Y. A Comparative Analysis of Junior High School Science Curriculum Standards in Mainland China, Taiwan, Hong Kong, and Macao: Based on Revised Bloom's Taxonomy. **International Journal of Science and Mathematics Education**, v. 17, p. 1459-1474, 2019.

YUAN, Z.; ZHAO, Y. Respect the Power of Large-Scale Assessments: What They Cannot Measure. **ECNU Review of Education**, v. 2, n. 3, p. 253-261, 2019.