

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE FÍSICA
LICENCIATURA EM FÍSICA

LUCIANO MATHEUS DALMOLLIN

**RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS E APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA NO ENSINO
DE FÍSICA: OBJETIVOS DE APRENDIZAGEM E PROCESSOS COGNITIVOS**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CURITIBA

2021

LUCIANO MATHEUS DALMOLLIN

**RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS E APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA NO ENSINO
DE FÍSICA: OBJETIVOS DE APRENDIZAGEM E PROCESSOS COGNITIVOS**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2, do Curso Superior de Licenciatura em Física do Departamento Acadêmico de Física - DAFIS - da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, como requisito parcial para obtenção do título de licenciado.

Orientadora: Profa. Dra. Noemi Sutil

CURITIBA

2021



TERMO DE APROVAÇÃO DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Título: **RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS E APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA NO ENSINO DE FÍSICA: OBJETIVOS DE APRENDIZAGEM E PROCESSOS COGNITIVOS**

Autor: LUCIANO MATHEUS DALMOLLIN

Orientadora: Profa. Dra. Noemi Sutil

Este trabalho foi apresentado às 9 horas, do dia 17/05/2021, como requisito parcial para aprovação na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2 (TCC2), do curso de Licenciatura em Física, do Departamento Acadêmico de Física (DAFIS), da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Campus Curitiba. A Comissão Examinadora considerou o trabalho APROVADO.

Comissão examinadora:

Profa. Dra. Noemi Sutil (Presidente) (DAFIS/UTFPR)

Prof. Dr. Álvaro Emílio Leite (DAFIS/UTFPR)

Prof. Dr. Marcos Antonio Florczak (DAFIS/UTFPR)

Profa. Dra. Noemi Sutil
Professora Responsável pelas Atividades de Trabalho de Conclusão de Curso
Curso de Licenciatura em Física (DAFIS/UTFPR)

RESUMO

DALMOLLIN, Luciano Matheus. Resolução de Problemas e Aprendizagem Significativa no Ensino de Física: objetivos de aprendizagem e processos cognitivos. 2021. 48 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Superior de Licenciatura em Física) – Departamento Acadêmico de Física - DAFIS, Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR. Curitiba, 2021.

O presente trabalho envolve Ensino de Física na articulação entre resolução de problemas e aprendizagem significativa, em concepção de materiais para avaliação como potencialmente significativos. Dessa forma, neste trabalho, analisam-se processos de resolução de problemas, abrangendo conteúdos de Termodinâmica, considerando pressupostos da Teoria da Aprendizagem Significativa e da Taxonomia revisada de Bloom. Os materiais apreciados foram constituídos no âmbito do Programa de Residência Pedagógica de Física, envolvendo ações com estudantes de Curso de Magistério, nível médio, de colégio público paranaense, em 2019. Nesses materiais, foram evidenciados processos cognitivos, associando objetivos de aprendizagem, conforme a referida taxonomia. A proposição de objetivos de aprendizagem em termos de processos cognitivos propiciou a identificação de lacunas referentes à apropriação de conceitos científicos.

Palavras-chave: Ensino de Física. Aprendizagem Significativa. Resolução de Problemas. Taxonomia revisada de Bloom.

ABSTRACT

DALMOLLIN, Luciano Matheus. Problem Solving and Meaningful Learning in Physics teaching: learning objectives and cognitive processes. 2021. 48 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Superior de Licenciatura em Física) – Departamento Acadêmico de Física - DAFIS, Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR. Curitiba, 2021.

The present work involves Physics teaching in articulations between problem-solving and meaningful learning, in the conception of materials for evaluation as potentially significant. Thus, in this work, problem-solving processes in Physics, particularly Thermodynamics, are analyzed, considering assumptions of the Theory of Meaningful Learning and Bloom's revised Taxonomy. The materials considered were constituted within the scope of the Pedagogical Residency Program in Physics, involving actions with students of a Teaching Course, high school, from a Paraná State's public school, in 2019. In these materials, cognitive processes were evidenced, associating learning objectives, according to the referred taxonomy. The proposition of learning objectives in terms of cognitive processes led to the identification of gaps regarding the appropriation of scientific concepts.

Keywords: Physics Teaching. Problem-solving. Meaningful Learning. Bloom's revised taxonomy.

LISTA DE SIGLAS

ENEM	Exame Nacional do Ensino Médio
PISA	Programa Internacional de Avaliação de Estudantes
PNLD	Programa Nacional do Livro e do Material Didático

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Estrutura do processo cognitivo na taxionomia revisada de Bloom	20
Quadro 2: Processos cognitivos desenvolvidos por cada aluno relativos à questão 1 da Atividade 1	43
Quadro 3: Processos cognitivos desenvolvidos por cada aluno relativos à questão 2 da Atividade 1	43
Quadro 4: Processos cognitivos desenvolvidos por cada aluno relativos à questão 3 da Atividade 1	44
Quadro 5: Processos cognitivos desenvolvidos por cada aluno relativos à questão 4 da Atividade 1	44
Quadro 6: Processos cognitivos desenvolvidos por cada aluno na questão 1.a) da Atividade 2	45
Quadro 7: Processos cognitivos desenvolvidos por cada aluno na questão 1.b) da Atividade 2	45
Quadro 8: Processos cognitivos desenvolvidos por cada aluno na questão 1.c) da Atividade 2	46
Quadro 9: Processos cognitivos desenvolvidos por cada aluno na questão 1.d) da Atividade 2	46
Quadro 10: Processos cognitivos desenvolvidos por cada aluno na questão 2.a) da Atividade 2	47
Quadro 11: Processos cognitivos desenvolvidos por cada aluno na questão 2.b) da Atividade 2	47
Quadro 12: Processos cognitivos desenvolvidos por cada aluno na questão 2.c) da Atividade 2	48

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Número de alunos por processo cognitivo na Atividade 1.....	28
Gráfico 2: Número de alunos por processo cognitivo na questão 1 da Atividade 2.29	
Gráfico 3: Número de alunos por processo cognitivo na questão 2 da Atividade 2.30	

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Exemplar com maior avanço na Atividade 1 - Aluno 1	32
Figura 2: Exemplar com menor avanço na Atividade 1 - Aluno 11	33
Figura 3: Exemplar com maior avanço na Atividade 2 - Aluno 1	35
Figura 4: Exemplar com menor avanço na Atividade 2 - Aluno 4	37

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
1.1 OBJETIVO GERAL.....	11
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11
1.3 QUESTÃO DE PESQUISA.....	12
1.4 JUSTIFICATIVA.....	12
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	15
2.1 APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA	16
2.2 RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS	17
2.3 TAXONOMIA REVISADA DE BLOOM	20
3. METODOLOGIA	22
3.1 MATERIAL DIDÁTICO: RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS	22
3.1.1 Atividade 1: Questões do Livro Didático	23
3.1.2 Atividade 2: Questões Elaboradas	23
4. ANÁLISE DE DADOS	25
4.1 OBJETIVOS DE APRENDIZAGEM.....	25
4.1.1 Objetivos de aprendizagem da Atividade 1	25
4.1.2 Objetivos de aprendizagem da Atividade 2	26
4.2 IDENTIFICAÇÃO DE PROCESSOS COGNITIVOS: PERSPECTIVA AMPLA	27
4.2.1 Processos cognitivos na Atividade 1	27
4.2.2 Processos cognitivos na Atividade 2	28
4.3 ESPECIFICAÇÃO DE PROCESSOS COGNITIVOS EM EXEMPLARES ANALÍTICOS	31
4.3.1 Exemplar com maior avanço na Atividade 1	31
4.3.2 Exemplar com menor avanço na Atividade 1	33
4.3.3 Exemplar com maior avanço na Atividade 2	34
4.3.4 Exemplar com menor avanço na Atividade 2	37

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	39
REFERÊNCIAS.....	41
APÊNDICE A.....	43

1. INTRODUÇÃO

Ensinar envolve, primeiramente, definir objetivos educacionais. Esses objetivos se reportam às características e condições dos discentes e aos contextos relacionados às instituições de ensino. Os processos de ensino e aprendizagem devem abranger processos avaliativos adequados, não apenas para avaliar o conhecimento apropriado pelo aprendiz, mas também para análise da escolha didático-pedagógica envolvida.

Entre as várias formas de avaliação, destaca-se a resolução de problemas na disciplina de Física. Esteja em ações educacionais diversas, provas ou exames vestibulares, alunos sempre se deparam com esse tipo de atividade durante sua “vida acadêmica”.

Entretanto, não é necessário que os processos e materiais avaliativos tenham sempre o intuito de avaliar aquilo que **já se sabe**, mas, também, podem ser usados como atividades e recursos educacionais para **aprender**. E aprender se associa à apropriação de novos conhecimentos, com estabelecimento de relações com aquilo que se sabe. Com base nesses pressupostos, nesta pesquisa, articula-se: Resolução de Problemas e Aprendizagem Significativa.

1.1 OBJETIVO GERAL

Analisar processos de resolução de problemas em Física, considerando pressupostos da Teoria da Aprendizagem Significativa e da Taxonomia revisada de Bloom.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- i. Desenvolver atividades educacionais envolvendo resolução de problemas em Física no âmbito do Programa de Residência Pedagógica;

- ii. Caracterizar processos de resolução de problemas em Física nas atividades educacionais desenvolvidas.

1.3 QUESTÃO DE PESQUISA

Quais entraves se sobressaem no estabelecimento de relações cognitivas envolvendo conceitos de física em atividades de resolução de problemas?

1.4 JUSTIFICATIVA

Escolhi o tema “Resolução de Problemas” pelas experiências que tive quando lecionei física para uma turma de nível médio. Ao resolver problemas em uma atividade com os alunos, pude perceber que eles tiveram dificuldade ao associar conceitos da física escolar com o cotidiano. O conteúdo que estava sendo trabalhado envolvia cinemática e o enunciado da questão abordava um valor de distância em quilômetros. Quando fiz a pergunta “A que grandeza esse valor se refere? Tempo, velocidade, ou distância?”, pude perceber que a turma estava confusa ao associar os quilômetros do enunciado à unidade de distância, mas, momentos antes de resolvermos a questão, os mesmos alunos estavam debatendo sobre a distância (em quilômetros) que cada um morava da instituição de ensino. O que observei se referia à dificuldade de relacionar a física abordada na escola com o cotidiano (principalmente na hora de se resolver problemas).

Esse entrave na relação entre o conhecimento escolar e o utilizado no dia a dia ao responder questões pode ser muito prejudicial aos alunos, por diversos motivos. Uma das razões é que os principais processos seletivos do país são baseados em resolução de problemas (vestibulares, Exame Nacional do Ensino Médio - ENEM, concursos públicos, etc.). Isso significa que a cada avanço na vida acadêmica de um indivíduo precede um processo avaliativo, que quase sempre é elaborado com base em situações-problema. Esse tipo de avaliação está presente desde os exames periódicos em disciplinas da Educação Básica até concursos públicos para se obter um emprego.

George Pólya reforça que resolver questões é algo natural ao ser humano, assim como superá-los se reporta às suas aptidões. Solucionar problemas desenvolve a capacidade de raciocínio do indivíduo, fazendo com que ele se empenhe, pensando em um método para alcançar o resultado pretendido. “[...] a inteligência é essencialmente a habilidade para resolver problemas: problemas do cotidiano, problemas pessoais, problemas sociais, problemas científicos, quebra-cabeças, toda sorte de problemas” (POLYA, 1997, p. 2).

Nesse âmbito, demanda-se refletir sobre a resolução de problemas como atividade educacional. Destaca-se a utilização dessa metodologia (quase que exclusivamente) para avaliar os conteúdos já apropriados pelo aluno, mas não para construir novos conhecimentos. É uma característica essencial da atividade educacional que se perde, pelo simples fato de usá-la apenas com o propósito de fazer com que o aluno expresse o conteúdo aprendido, sem agregar nada a mais intelectualmente.

Analisar a Resolução de Problemas como uma perspectiva metodológica a serviço do ensino e da aprendizagem de matemática amplia a visão puramente metodológica e derruba a questão da grande dificuldade que alunos e professores enfrentam quando se propõe a Resolução de Problemas [...]. (DINIZ 2001, p. 87 apud SCHASTAI, 2010, p. 3)

Muito se pode aproveitar ao empregar essa metodologia educacional em sala de aula. Existe sempre espaço para se aprimorar métodos educacionais, bem como para refletir sobre o que merece ser atualizado em termos de ensino e aprendizagem. Para que o aluno não se torne um mero repetidor de conhecimento, problemas bem elaborados devem fomentar a criticidade e a criatividade ao serem resolvidos, exigindo que o discente pense e repense cada etapa de sua resolução.

Enquanto isso, o ensino de física, ainda se caracteriza pelo excesso de atenção dada aos exercícios repetitivos, cuja abordagem privilegia o uso de algoritmos matemáticos em detrimento da compreensão de aspectos relacionados aos fenômenos envolvidos. Configura-se assim, um distanciamento entre os conteúdos ministrados e a realidade cotidiana. (CLEMENT, 2003, p. 2)

Portanto, a interpretação dos problemas da Física (tanto a estratégia a ser utilizada, como a identificação de palavras, números e unidades de medida pertinentes), que constitui uma característica bastante particular dessa disciplina, deve ser valorizada e merece reflexão para que os exercícios não fomentem o vício de mera “aplicação de fórmulas”.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Diversos motivos podem ser levados em consideração ao se questionar as razões do insuficiente desempenho do Brasil em avaliações internacionais de estudantes (como o Programa Internacional de Avaliação de Estudantes - PISA, por exemplo): falta de investimentos por parte do Estado em educação; condições de ensino precárias (principalmente no Ensino Público); profissionais desqualificados em atuação; ambientes pedagógicos inapropriados e inflexíveis para o trabalho do professor; e características específicas desses processos avaliativos. Sobre a situação atual dos docentes, Brockington e Pietrocola afirmam que:

Grande parte dos professores está presa a um cenário pedagógico sem muita flexibilidade, seja por prescrições de conteúdo, horários restritos e especificidades de suas próprias disciplinas. Não é incomum o professor sentir-se cerceado pelas condições que lhe são impostas na escola, como a preocupação exacerbada com o cumprimento do programa ou a pressão por resultados no vestibular. Isso sem levar em conta o tamanho das turmas e a extensão dos currículos. (BROCKINGTON; PIETROCOLA, 2016, p. 387)

A Física, especificamente, é uma disciplina usualmente conhecida como a mais difícil pelos alunos. Esse fato é conhecido não só pelos professores, como também pelas pessoas que já passaram pelo estudo dessa ciência (e por praticamente todos que já estiveram em uma sala de aula). Isso agrega desdobramentos à responsabilidade do professor de Física. Abrange demandas de aprimoramento de sua abordagem metodológica e incorporação dos recursos didáticos que considerar mais adequados a seu alcance.

As dificuldades que um especialista em ensino de ciências tem para abordar um conteúdo de sua disciplina em sala de aula podem ser as mesmas de um físico, químico ou biólogo. Mesmo que o professor domine o conteúdo específico, não há garantias que ele tenha domínio sobre as questões pedagógicas. Em sala de aula, o professor articula essas duas esferas (conteúdo e abordagem didático-pedagógica). Uma vez que o professor domine e reflita sobre esses dois vieses, é mais provável que alcance os objetivos de ensino e aprendizagem.

Considerando esse desafio de abordagem de conteúdos em sala de aula, propõe-se agregar elementos da Teoria da Aprendizagem Significativa, abrangendo articulações entre atributos essenciais de conceitos e contextos vivenciais dos estudantes.

2.1 APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

A partir da perspectiva da Teoria da Aprendizagem Significativa, apresentada por David Paul Ausubel e colaboradores, o processo de aprendizagem se constrói quando o indivíduo relaciona uma nova informação obtida com um conhecimento que ele previamente possui, obtido, inclusive, pelas experiências vivenciadas no cotidiano em seu contexto social. Esse conhecimento, ou seja, o conceito “prévio” que ele possui pode ser chamado de “subsunçor”. A aprendizagem significativa se desenvolve, portanto, com a nova informação “ancorada” a esse subsunçor (esteio).

[...] A fim de deixar bem claro que a aprendizagem significativa envolve uma interação entre novas informações e ideias preexistentes na estrutura cognitiva, empregaremos o termo **esteio** para sugerir o papel da ideia preexistente. Por exemplo, na aprendizagem subordinativa, as ideias preexistentes oferecem um esteio para a aprendizagem significativa de novos conteúdos. (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980, p. 48, grifo dos autores)

Quando o aluno tem dúvida a partir de um questionamento que lhe foi feito, envolvendo motivação para solucioná-la, surge então um primeiro avanço na aprendizagem. A partir daquele questionamento inicial, o aluno tentará chegar, de sua própria maneira, a uma tese/resposta (sem saber se está correta ou não). Ao uni-la às informações viabilizadas pelo professor, o discente deve estruturar e construir uma antítese (questionamento). Ou seja, no primeiro momento da questão pedagógica da aprendizagem significativa, o aluno elabora uma resposta que para ele é pertinente, depois adquire informações e conteúdo para fazer uma comparação. O resultado da união desses dois extremos é um terceiro momento na aprendizagem, que é a primeira síntese. Somente após essa terceira etapa (síntese) se tem um passo final e decisivo para a aprendizagem significativa que é o estudo

individualizado. E é também o que a difere de outras teorias de aprendizagem como o puro construtivismo ou o socioconstrutivismo, por exemplo. (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980)

Existe, então, na Teoria da Aprendizagem Significativa, um momento em que o aluno (independentemente da idade) tem que se debruçar sobre o próprio conteúdo sintetizado e refletir sobre quais novas ampliações e reconfigurações ele pode realizar com esse conhecimento. Finalmente, é nesse momento de estudo individualizado em que se destaca a participação do aluno ao se instruir e o prepara para a apresentação coletiva de sua estruturação intelectual. (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980)

Por esses motivos, pode-se considerar a aprendizagem significativa como uma teoria adequada para ser usada na sala de aula nos tempos atuais, sobretudo com as novas tecnologias disponibilizadas aos alunos. Tais recursos permitem que o aluno possa, de maneira individualizada, mas não descontextualizada, progredir no processo de aprendizagem.

Nessa teoria não se faz presente a aprendizagem de um material significativo. Isso não seria possível, porque este já possui um significado e, portanto, já está aprendido (por definição). O que mais se discute e se tenta elaborar são materiais potencialmente significativos, embora de fato, introduzido na maioria destes existam elementos (simplesmente) significativos. (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980)

Isso se interpreta mais facilmente ao simular uma situação: quando um aluno vai aprender um novo conceito físico (força, por exemplo) e começa a ler um livro de mecânica clássica para aprendê-lo, ele pode já saber a definição de massa e de aceleração. Dessa forma, massa e aceleração compõem o material potencialmente significativo, embora já tenham significado para o aprendiz (já são, propriamente, significativos).

Esses pressupostos da aprendizagem significativa podem ser associados a processos de resolução de problemas.

2.2 RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS

Referente ao problema apresentado no início da justificativa, que gerou dificuldade nos alunos, existe outra reflexão pertinente a se fazer: se o problema foi elaborado da melhor maneira possível. Para que isso aconteça, a situação apresentada no enunciado do problema deve gerar dúvida no aluno, para que o professor possa posteriormente avaliá-lo (este é o objetivo), mas não confundir o discente.

Portanto, deve-se ter cuidado ao elaborar e ao resolver as questões, para que essas realmente ajudem o docente a identificar as dificuldades do alunado, para, posteriormente, atuar com enfoque nelas. E ao resolvê-las com os alunos, de acordo George Pólya, o professor deve fazê-lo **com** os alunos, e não **para** eles. Segundo o autor:

[...] Se o aluno não for capaz de fazer muita coisa, o mestre deverá deixar-lhe pelo menos alguma ilusão de trabalho independente. Para isto, deve auxiliá-lo discretamente, sem dar nas vistas. O melhor é, porém, ajudar o estudante com naturalidade. O professor deve colocar-se no lugar do aluno, perceber o ponto de vista deste, procurar compreender o que se passa na sua cabeça e fazer uma pergunta ou indicar um passo que poderia ter ocorrido ao próprio estudante. (PÓLYA, 1944, p. 4)

A resolução de problemas como metodologia de ensino, e não somente como usualmente é utilizada (avaliação), pode ser uma forte aliada à aprendizagem do aluno. Isso depende de como o professor irá utilizar a estratégia.

Neste sentido, cumpre ao professor realçar a importância e a função dos exercícios e dos problemas em sua disciplina. Ao se empenhar nisso ele pode contribuir para que seu aluno veja com outros olhos os exercícios e também se prepare melhor, tanto do ponto de vista cognitivo como emocional, para se envolver em atividades mais elaboradas, como as que caracterizam a resolução de problemas. (PEDUZZI, 1997, p. 230)

Propõe-se extrapolar a concepção restrita de resolução de problemas explicitada, situando-a no escopo da Teoria da Aprendizagem Significativa. Nesse panorama de associação entre aprendizagem significativa e resolução de problemas, cabe situar, ainda, processos cognitivos pertinentes às relações estabelecidas entre conhecimentos que o aluno já possuía e os novos conteúdos.

É evidente, sob essa abordagem, que a estrutura cognitiva preexistente desempenha papel preponderante na resolução de problemas, ainda mais se levando em conta que a busca de solução de qualquer problema envolve uma readaptação do resíduo da experiência prévia frente às demandas da nova situação problemática a ser enfrentada. Se a estrutura cognitiva já possui as subsunções adequadas para permitir a reorganização do conhecimento, a resolução do problema terá cumprido o seu papel para a aprendizagem significativa. Neste sentido, resolver um problema pode ser encarado como um meio para promover tal aprendizagem. (COSTA; MOREIRA, 2001, p. 264)

Do mesmo modo, segundo Lara e Sousa (2009, p. 63 apud MOREIRA, 1999), “Um material potencialmente significativo deve ser relacionável ou incorporável à estrutura cognitiva do aprendiz, de maneira não-arbitrária e não-literal”. A elaboração de uma atividade envolvendo resolução de problemas que respeite essa perspectiva deve proporcionar, portanto, a relação entre conhecimentos que o aluno possui e novas informações a serem abordadas nesse próprio material.

O desenvolvimento de um material, como descrito anteriormente, é possível ao conceber uma atividade educacional que considere o discurso feito **pelos** alunos e que valorize suas respostas pessoais e a interação entre os mesmos (inclusive entre eles e o professor). Enfim, todos esses aspectos podem facilitar o processo de relacionar a nova informação com aquela já existente. Com a finalidade de elaborar uma atividade (que envolva resolução de problemas) potencialmente significativa, o educador deve levar em conta esses pressupostos. (LARA; SOUSA, 2009 apud MOREIRA, 1999)

Neste trabalho, considerando os delineamentos supracitados, compreendem-se os materiais para avaliação como potencialmente significativos. Em materiais didáticos com resolução de problemas, associam-se objetivos de aprendizagem a processos cognitivos, de forma a viabilizar a análise de relações envolvendo conceitos. Além disso, o uso da taxonomia propõe facilitar a distinção entre os processos cognitivos envolvidos (considerados como objetivos educacionais) necessários para a aprendizagem dos conteúdos abordados nas situações-problema. Finalmente, se todos os objetivos forem alcançados, além de manifestar a aprendizagem por parte do aluno, compreende-se o material para avaliação como potencialmente significativo. Para tanto, agregam-se elementos da taxonomia revisada de Bloom.

2.3 TAXONOMIA REVISADA DE BLOOM

A taxonomia revisada de Bloom foi proposta por Lorin Anderson e David Krathwohl. Também conhecida como **Taxonomia de Anderson**, essa técnica de classificação propõe a organização de objetivos educacionais. Dessa forma, é possível sistematizar e identificar, através de verbos e substantivos, as respectivas dimensões de processos cognitivos e de conhecimento, envolvidos na atividade educacional que está sendo desenvolvida. O verbo tem a função de descrever o processo cognitivo que se pretende alcançar na mente do aluno. O substantivo serve para definir o tipo de conhecimento que se espera que o estudante construa. (ANDERSON; KRATHWOHL, 2001)

A dimensão dos processos cognitivos é composta por seis principais categorias, são estas: **Lembrar, Entender, Aplicar, Analisar, Avaliar e Criar**. A cada uma delas é atribuído um grau de complexidade cognitiva, sendo que **entender** é considerado como mais complexo do que **lembrar**, e assim sucessivamente. (ANDERSON; KRATHWOHL, 2001)

A taxonomia revisada de Bloom permite, na resolução de problemas, definir objetivos de aprendizagem. Sendo assim, é possível elaborar problemas de Física com diferentes níveis de abrangência e que possam envolver múltiplos processos cognitivos. No Quadro 1, a seguir, destacam-se especificações desses processos cognitivos.

Quadro 1: Estrutura do processo cognitivo na taxionomia revisada de Bloom

<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:</p>

Checando e Criticando.

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.**

Fonte: Ferraz; Belholt (2010, p. 429).

3. METODOLOGIA

Embora não exista uma definição inequívoca e definitiva para o termo “Pesquisa Qualitativa”, a natureza dos dados desta pesquisa a caracterizam, em concepção, como qualitativa.

A pesquisa qualitativa é uma atividade situada que localiza o observador no mundo. Consiste em um conjunto de práticas materiais e interpretativas que dão visibilidade ao mundo. Essas práticas transformam o mundo em uma série de representações, incluindo as notas de campo, as entrevistas, as conversas, as fotografias, as gravações e os lembretes. (DENZIN; LINCOLN, 2006, p. 17)

Nesta pesquisa, analisam-se documentos elaborados por estudantes de uma turma de Magistério, de nível médio, de um colégio estadual paranaense, em 2019, no âmbito do Programa de Residência Pedagógica de Física; esses materiais envolviam resolução de problemas. Cabe mencionar que as ações desta pesquisa se inseriram em proposta educacional relacionada à física do cotidiano, concernente ao referido programa.

Nesses materiais elaborados pelos discentes, procedeu-se à classificação dos processos de resolução de problemas, em referência a processos cognitivos, segundo a taxonomia revisada de Bloom: **Lembrar, Entender, Aplicar, Analisar, Avaliar e Criar**. Essas análises remetem às especificações de processos cognitivos explicitadas no Quadro 1, apresentado na seção anterior. As proposições de interpretações, alusivas a esses processos cognitivos, perpassaram procedimentos de Análise de Conteúdo (BARDIN, 2016).

3.1 MATERIAL DIDÁTICO: RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS

O conteúdo do material envolvendo resolução de problemas se reportava à Termodinâmica, pois esse era o tema que se estudava no mês em que as atividades foram elaboradas (setembro de 2019). Para a análise dos objetivos de

aprendizagem e processos cognitivos, foram propostas duas atividades distintas aos alunos, desenvolvidas em dias diferentes. Para a realização de cada uma das atividades, foram disponibilizadas duas horas-aula.

3.1.1 Atividade 1: Questões do Livro Didático

A Atividade 1 foi elaborada com quatro questões, selecionadas do livro de Física que estava sendo utilizado na escola, de acordo com o Programa Nacional do Livro e do Material Didático (PNLD) do respectivo ano. A escolha de cada uma delas não foi de forma aleatória, intencionou-se acatar ao menos uma questão que abordasse o conteúdo e exigisse cálculos; e ao menos uma questão que exigisse análise de relações entre conceitos e vinculações com aspectos contextuais. As questões antepostas foram:

- 1) Uma pessoa coloca um gás em um recipiente de 4 litros, na temperatura 27°C submetido a uma pressão de 5 atm. Qual será sua nova temperatura, se for submetido a 10 atm e seu volume for reduzido a 1 litro? Cuidado: utilize a temperatura em kelvin. (GONÇALVES FILHO; TOSCANO, 2016, p. 73)
- 2) Ao colocar um fio de cobre entre dois postes, num dia quente de verão, um electricista não deve deixá-lo muito esticado. Por quê? (GONÇALVES FILHO; TOSCANO, 2016, p. 70)
- 3) É mais eficiente para a secagem de roupas deixá-las no varal bem esticadas ou dobrá-las? Por quê? (GONÇALVES FILHO; TOSCANO, 2016, p. 60)
- 4) Explique por que a roupa no varal seca mais depressa em dias quentes. (GONÇALVES FILHO; TOSCANO, 2016, p. 60)

3.1.2 Atividade 2: Questões Elaboradas

A Atividade 2 foi elaborada com o objetivo de atingir uma maior complexidade nos processos do domínio cognitivo da taxonomia de Anderson. Ao elaborar as questões, intentou-se abordar atualidades. Nesse caso, no segundo semestre de 2019, ocorreram diversos casos de queimadas na floresta amazônica, temática controversa abordada na questão 1, apresentada a seguir.

1) As recentes ocorrências de queimadas na floresta amazônica preocupam o mundo inteiro. As consequências desses desastres para a vida na terra são diversas. Entre elas, destacam-se a emissão de dióxido de carbono (CO₂) e a dispersão de fuligem na atmosfera. Ambas interferem nas condições climáticas e, segundo inúmeros estudos, estão entre as principais causadoras do efeito estufa e do aquecimento global. Em agosto deste ano, a fuligem das queimadas viajou uma longa distância até alcançar a cidade de São Paulo e ocasionar o fenômeno que foi chamado de “Céu de Chumbo”, que causou uma intensa escuridão do céu em plena luz do dia. Sobre processos envolvidos nesses acontecimentos, responda as questões a seguir.

- a) Que tipo de processo de transferência de calor é responsável pela propagação da energia do Sol até a Terra?
- b) Além do processo de transferência citado acima, quais outras formas de propagação de calor estão envolvidas nos fenômenos das queimadas? Explique de que modo cada processo está envolvido.
- c) Desenhe um esquema que represente o efeito estufa e o modo com que esse fenômeno intensifica o calor recebido do Sol.
- d) De que maneira as fuligens atingem alturas tão elevadas para que sejam transportadas a longas distâncias pelos ventos? A que processo de transferência de calor este fenômeno está associado? (MATERIAL DIDÁTICO)

Adicionalmente, a segunda parte dessa atividade foi vinculada a aspectos ambientais, com o uso de uma manchete na questão 2, explicitada a seguir.

2) Leia a seguinte manchete, a seguir, para responder as questões.

Dois dias andando de carro emitem tanto CO₂ quanto um mês de metrô

Cálculos feitos pelo instituto Akatu avaliam o impacto ambiental do uso do carro, do trem e do metrô.

Uma pessoa que vai para o trabalho de carro contribui para o aquecimento global, em dois dias, o mesmo que se tivesse feito essa trajetória de metrô durante um mês inteiro. Isso porque para andar um quilômetro, um carro popular a gasolina emite aproximadamente 150 gramas de dióxido de carbono, enquanto o metrô libera apenas 12 gramas. O dado confirma mais uma vantagem dos transportes coletivos sobre o carro. Segundo a CET (Companhia de Engenharia de Tráfego de São Paulo), da frota de 5,6 milhões de veículos da capital paulista, cerca de 3,5 milhões circulam diariamente [...]

Disponível em <<https://www.akatu.org.br/noticia/dois-dias-andando-de-carro-emitem-tanto-co2-quantum-mes-de-metro/>> (Adaptado)

- a) O metrô é, **no mínimo**, quantas vezes mais eficiente que o automóvel? Discorra sobre as vantagens em se utilizar metrô em vez de automóveis a combustão. Relacione sua resposta às consequências apresentadas no enunciado da questão 1.
- b) Todos os dias, carros e metrôs de motores a combustão vêm sendo substituídos por meios de transporte elétricos. A matriz energética do Brasil é essencialmente originada de usinas hidrelétricas, que represam a água e com o uso de turbinas geram energia elétrica (após uma série de etapas). Considerando a lei da conservação da energia, descreva as sucessivas transformações energéticas envolvidas desde o início do processo (represamento da água) até a energia se tornar utilizável aos metrôs e automóveis de motores elétricos.
- c) Na alternativa anterior, o início do processo de geração de energia foi definido como sendo a fase de represamento da água. Reflita sobre o que acontece **antes** dessa fase. É correto afirmar que a origem de praticamente

toda a energia utilizada no Brasil é o Sol? Justifique sua resposta.
(MATERIAL DIDÁTICO)

4. ANÁLISE DE DADOS

As análises envolvendo processos cognitivos abrangem, inicialmente, a explicitação de objetivos de aprendizagem associados às questões propostas aos discentes. Em sequência, apresentam-se resultados em termos de processos cognitivos, em perspectiva ampla, no que concerne aos documentos viabilizados por 11 estudantes, para cada uma das questões em cada atividade. Em alusão a cada questão, dois exemplares analíticos são salientados, expressando extremos de alcance de objetivos de aprendizagem.

4.1 OBJETIVOS DE APRENDIZAGEM

Os objetivos de aprendizagem foram estabelecidos em um nível hierárquico de complexidade, de acordo com os verbos vinculados aos processos cognitivos da taxonomia de Anderson. Eles compõem o escopo que define o patamar que se espera que o aluno alcance em termos de complexidade. No Quadro 1 se explicita a que está relacionado cada verbo da taxonomia de Anderson. Ele auxilia a identificação de cada processo ao interpretar o que cada aluno registrou como resposta.

4.1.1 Objetivos de aprendizagem da Atividade 1

Para a realização da Atividade 1 segundo o viés de abranger um significativo número de processos cognitivos viáveis, concerne ao aluno:

- 1) **Lembrar** da equação geral dos gases, **entender** as variações de estado do gás e **aplicar/executar** os cálculos respeitando as unidades de medida para obter o resultado.

- 2) **Lembrar** dos conceitos de dilatação térmica e **entender** o que acontece nos metais com a variação de temperatura para que seja executada a instalação correta dos fios pelo electricista.

- 3) **Lembrar** dos conceitos aprendidos em teoria cinética dos gases e **entender/exemplificar** que a superfície de contato facilita a evaporação da água (secagem da roupa).

- 4) **Lembrar** a definição de calor, associando à agitação das moléculas, e **entender** que esse processo é agravado pela energia solar irradiada, acelerando a evaporação da água.

4.1.2 Objetivos de aprendizagem da Atividade 2

Para a realização da Atividade 2, também, visando abranger um maior número de processos cognitivos viáveis, concerne ao aluno:

- 1.a) **Lembrar/reconhecer** que a irradiação é o processo responsável por transferir o calor até a Terra.

- 1.b) **Lembrar** das três formas de propagação de calor. Além disso, deve **entender** como essas formas de transferência se relacionam para **aplicar/implementar** seu envolvimento no fenômeno das queimadas.

- 1.c) **Lembrar/reconhecer** a camada de gases do efeito estufa, **entender** que ela impede a saída do calor irradiado pelo sol e **aplicar** esse conceito, ilustrando o calor confinado na atmosfera, o que representa suas consequências no aquecimento global.

- 1.d) **Lembrar** do processo de propagação de calor chamado convecção, **entender** que isso implicará em diferença de densidade do ar e **aplicar** esse

conceito, a fim de **analisar/concluir** o modo com que as fuligens são transportadas para longas distâncias.

2.a) **Lembrar/reconhecer** as diferentes taxas de emissão de CO₂ entre o carro e o metrô e **entender** o motivo pelo qual o metrô é menos poluente em relação ao carro.

2.b) **Lembrar** das transformações de energia, **interpretar** quando elas ocorrem e **implementar** cada processo até sua transmissão.

2.c) **Lembrar/reconhecer** a importância da energia proveniente do sol e **entender** que, indiretamente, a energia proveniente das usinas hidrelétricas é originada no sol.

4.2 IDENTIFICAÇÃO DE PROCESSOS COGNITIVOS: PERSPECTIVA AMPLA

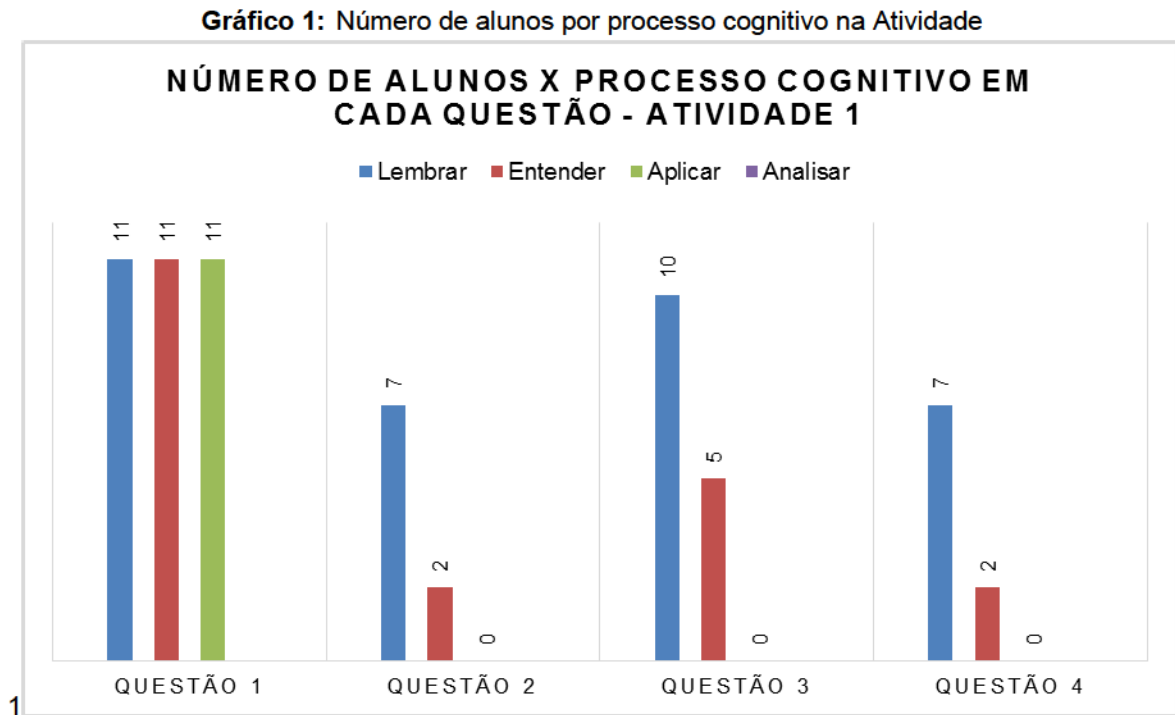
Os resultados obtidos são expressos de modo distinto, para a organização do trabalho. Como foram realizadas duas atividades diferentes, sendo a segunda dividida em duas partes, estas foram separadas, de forma a facilitar a interpretação e apresentação dos dados.

4.2.1 Processos cognitivos na Atividade 1

Ao todo, 11 alunos realizaram essa atividade. Algumas observações podem ser feitas quanto a peculiaridades encontradas nas respostas dos alunos. Em relação aos objetivos de aprendizagem da questão 1 dessa atividade, esperava-se que os alunos avançassem até o processo cognitivo **aplicar**. Isso ocorreu para todos os 11 alunos. Um dos motivos para o ocorrido pode ter sido o reforço no ensino de matemática básica aplicada à física que foi feito no início do semestre, após uma avaliação diagnóstica.

Na questão 2 nenhum aluno avançou até o processo cognitivo **aplicar**. Isso não ocorreu, também, nas questões seguintes. Embora ao menos um aluno tenha atingido o objetivo de aprendizagem nas questões 3 e 4, poucos alunos

mencionaram o aumento na superfície de contato na questão 3, tal como a energia solar irradiada na questão 4. Esses detalhes eram importantes para demonstrar que o aluno **entendeu** o que cada questão exigia como resposta. O Gráfico 1 exibe o número de alunos que desenvolveu cada processo cognitivo nessa atividade.



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

4.2.2 Processos cognitivos na Atividade 2

Os mesmos 11 alunos realizaram essa atividade. Em comparação com os objetivos de aprendizagem da questão 1, alternativa a), esperava-se apenas que os alunos identificassem um processo de transferência de calor. Todos o fizeram. A alternativa b), além de exigir que os alunos reconhecessem as outras formas de propagação de calor, pedia que eles relacionassem com as queimadas. Muitos alunos identificaram as formas, mas não fizeram a relação, portanto houve muita dificuldade nessa situação em atender ao enunciado.

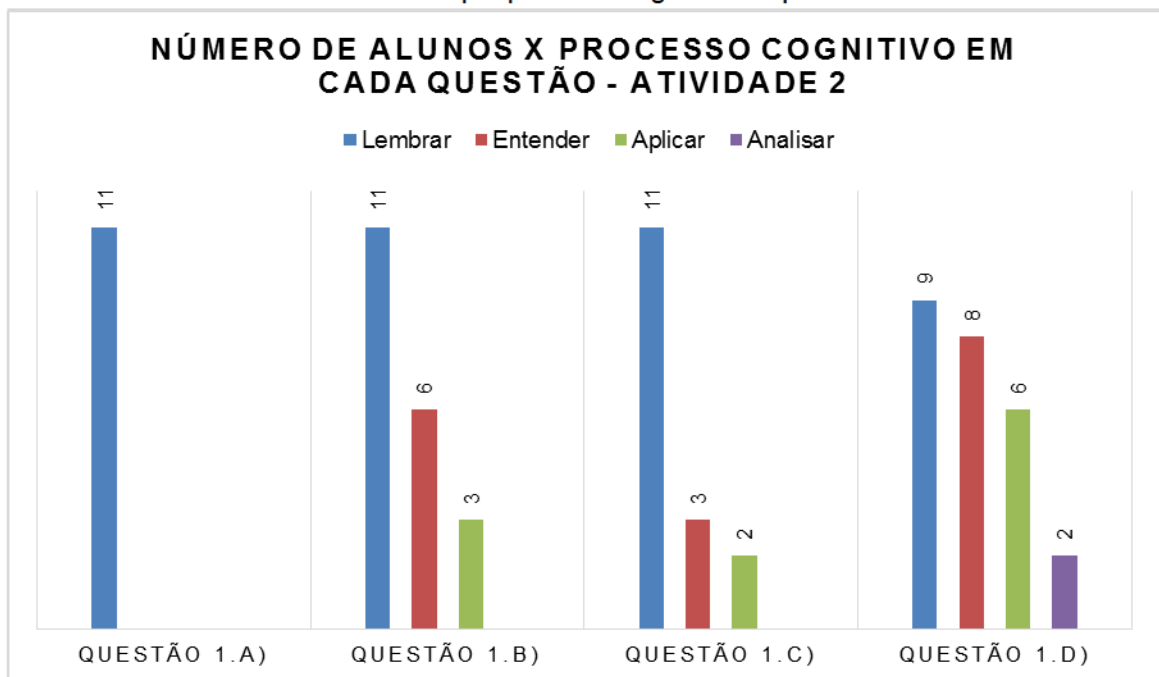
Na alternativa c), esperava-se que os alunos aplicassem seu conhecimento em propagação de calor por irradiação e representassem a luz/energia confinados pelos gases do efeito estufa. Poucos alunos representaram esse efeito, a maior

parte apenas representou a luz solar incidindo sobre os gases (alguns representaram o contrário, com os gases refletindo a luz solar, que é o que ocorre com a camada de ozônio).

A alternativa d) teve também um potencial abrangente em termos de processos cognitivos. Era possível que o aluno organizasse sua resposta unindo-a com diferentes conceitos aprendidos. Poucos alunos avançaram até essa etapa, os que o fizeram foram os que relacionaram a agitação das moléculas (calor) à diferença de densidade do ar e, posteriormente, concluíram que a esse processo estava associada a convecção.

No Gráfico 2, a seguir, representam-se esses resultados relacionados à questão 1 da Atividade 2.

Gráfico 2: Número de alunos por processo cognitivo na questão 1 da Atividade 2



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Quanto à segunda parte da Atividade 2 (questão 2), pode-se perceber que na alternativa a) quase todos os 11 alunos alcançaram os objetivos de aprendizagem. Era necessário apenas que eles reconhecessem as taxas de emissão e

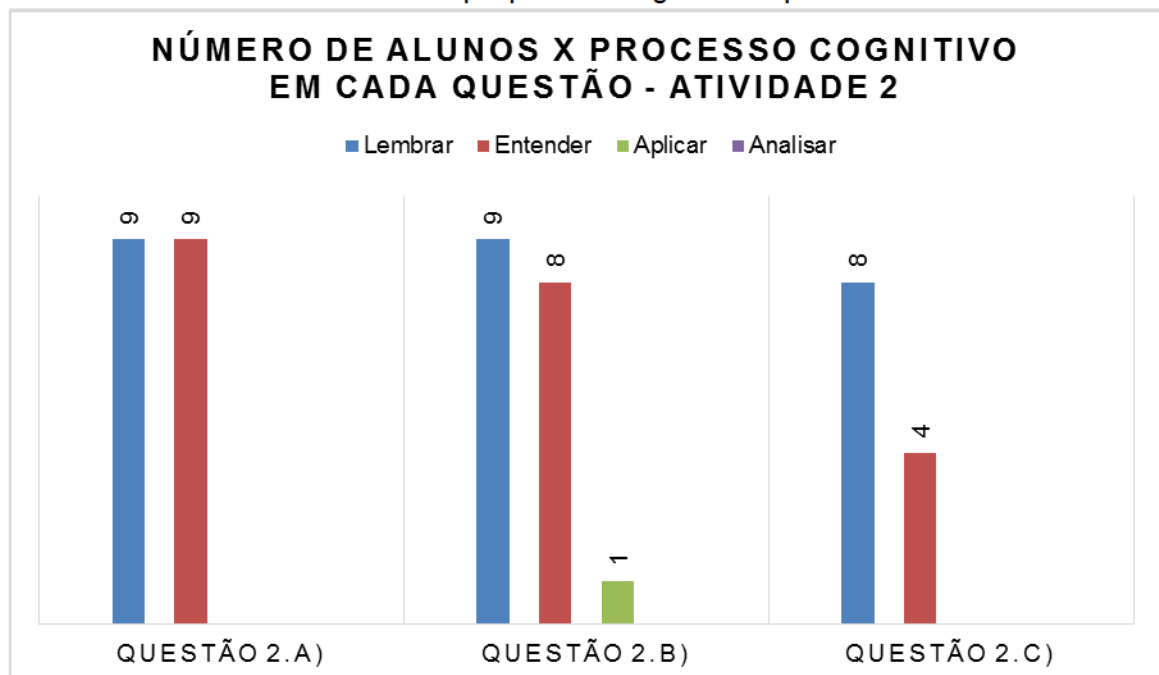
discorressem sobre o motivo pelos quais o metrô levava vantagem sobre o carro em termos de preservação do meio ambiente.

A alternativa b) permitia que o aluno avançasse até o processo cognitivo de análise, ao organizar e descrever cada etapa de transformação de energia (seja discorrendo sobre elas ou até mesmo ilustrando cada etapa). Praticamente todos os alunos apenas citaram as etapas, sem descrevê-las, não atendendo ao enunciado.

A alternativa c) da mesma atividade proporcionava a reflexão sobre a energia proveniente do sol ser, indiretamente, responsável também pela fornecida pelas usinas hidrelétricas. Muitos alunos reconheceram esse fato, embora apenas quatro deles discorressem sobre o motivo disso ocorrer.

No Gráfico 3, a seguir, expressam-se resultados associados aos processos cognitivos identificados em respostas à questão 2 da Atividade 2.

Gráfico 3: Número de alunos por processo cognitivo na questão 2 da Atividade 2



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Dos alunos que não avançaram até os objetivos de aprendizagem esperados, alguns responderam à questão sem atender a proposta do enunciado; outros simplesmente não as responderam (deixaram “em branco”). As respostas dos alunos, em geral, raramente ultrapassaram quatro linhas de caderno

(desconsiderando o tamanho da letra) e, nas questões que exigiam que eles discorressem ou descrevessem conceitos, as respostas eram sucintas e incompletas.

4.3 ESPECIFICAÇÃO DE PROCESSOS COGNITIVOS EM EXEMPLARES ANALÍTICOS

Nesta seção estão apresentados dois exemplares (resolvidos por alunos) para cada atividade, um com maior e outro com menor avanço em termos da sequência de processos cognitivos. Para cada caso, suas transcrições apresentam-se logo abaixo das figuras.

Para a organização dos dados obtidos (respostas e exemplares), os 11 alunos foram numerados em ordem crescente. As figuras de seus exemplares estão identificadas de acordo com esse número. Também nesse modo estão classificados os quadros com as respostas individuais de todos os alunos para as questões de ambas as atividades no Apêndice A.

4.3.1 Exemplar com maior avanço na Atividade 1

Como exemplar analítico de maior avanço na Atividade 1, destacam-se as respostas do Aluno 1, contidas na Figura 1, com transcrições de textos abaixo desta.

Figura 1: Exemplar com maior avanço na Atividade 1 - Aluno

1) Uma pessoa coloca um gás em um recipiente de 4 litros, na temperatura 27°C, submetido a uma pressão de 5 atm. Qual será sua nova temperatura, se for submetido a 10 atm e seu volume reduzido a 1 litro? Utilize a temperatura em kelvins.

2) Ao colocar um fio de cobre entre dois postes, num dia quente de verão, um electricista não deve deixá-lo muito esticado. Por quê?

3) É mais eficiente para a secagem de roupas deixá-las no varal bem esticadas ou dobrá-las? Por quê?

4) Explique por que a roupa no varal seca mais depressa em dias quentes.

Resposta

1) $P_1 = 5 \text{ atm}$ $P_2 = 10 \text{ atm}$ $V_1 = 4 \text{ L}$ $V_2 = 1 \text{ litro}$ $T_1 = 27^\circ\text{C}$ $T_2 = ?$

$5 \cdot 4 = 10 \cdot 1$
300

$T_K = T_C + 273$
 $T_K = 27 + 273$
 $T_K = 300$

$T_2 \cdot 10 = 30 \cdot 300$
 $T_2 \cdot 10 = 9.000$
 $T_2 = 900$
 $T_2 = 150 \text{ K}$

2) Pois em dias com maior temperatura o objeto vai dilatar devido à energia proporcionada pelo calor sobre o material. Para que não arrebente em dias frios, o electricista deve deixar "largo" o fio.

3) Deixar bem esticadas, para que haja maior circulação das moléculas no ar e assim permita uma melhor secagem.

4) Pois em dias de calor, há mais energia cinética causada pela temperatura, o que permite agitação maior das moléculas.

Fonte: Dados da Pesquisa (2021).

Transcrições das respostas

- 1) Ilustrado acima.
- 2) Pois em dias com maior temperatura o objeto vai dilatar devido à energia proporcionada pelo calor sobre o material. Para que não arrebente em dias frios, o electricista deve deixar "largo" o fio.
- 3) Deixar bem esticadas, para que haja maior circulação das moléculas no ar e assim permita uma melhor secagem.
- 4) Pois em dias de calor, há mais energia cinética causada pela temperatura, o que permite agitação maior das moléculas.

Esse exemplar representa um caso de maior avanço na primeira atividade (os objetivos finais alcançados a seguir estão em negrito). Quanto a questão 1, as unidades não foram esquecidas e o aluno conseguiu lembrar, entender e **aplicar** a Lei Geral dos Gases. Na questão 2, embora a linguagem não apresente rigor em termos de formalismo, foi apresentado o conceito de dilatação, sua causa, e o modo adequado de instalação pelo electricista (o aluno lembrou e **entendeu**). Na questão 3, apesar de a linguagem se apresentar de modo semelhante ao da questão anterior, o aluno **reconheceu** que as roupas devem ser dispostas da maneira correta (a

justificativa se mostrou insuficiente). Quanto à última questão, o aluno lembrou da definição de calor, associando à agitação das moléculas, e **entendeu** que esse processo é agravado em dias mais quentes, acelerando a evaporação da água.

4.3.2 Exemplar com menor avanço na Atividade 1

Como exemplar analítico de menor avanço na Atividade 1, destacam-se as respostas do Aluno 11, contidas na Figura 2, com transcrições de textos abaixo desta.

Figura 2: Exemplar com menor avanço na Atividade 1 – Aluno 11

1) Uma pessoa coloca um gás em um recipiente de 4 litros, na temperatura 27°C, submetido a 5 atm. Qual será sua nova temperatura, se for submetido a 10 atm e seu volume reduzido a temperatura em kelvins.

2) Ao colocar um fio de cobre entre dois postes, num dia quente de verão, um electricista muito esticado. Por quê?

3) É mais eficiente para a secagem de roupas deixá-las no varal bem esticadas ou dobrá-las

4) Explique por que a roupa no varal seca mais depressa em dias quentes.

a1) $V_1 = 4 \text{ l}$ $V_2 = 1 \text{ l}$
 $P_1 = 5 \text{ atm}$ $P_2 = 10 \text{ atm}$
 $t_1 = 27^\circ\text{C}$ $t_2 = ?$

$$\frac{P_1 \cdot V_1}{t_1} = \frac{P_2 \cdot V_2}{t_2}$$

$$t_1 = t_C + 273$$

$$t_1 + t_1K + 273$$

$$t_1K = 27 + 273 = 300K$$

$$\frac{5 \cdot 4}{300} = \frac{10 \cdot 1}{t_2}$$

$$\frac{20}{300} = \frac{10}{t_2}$$

$$20 \cdot t_2 = \frac{3000}{20} = 150$$

02) Porque as duas pode dilatar e aumentar e pode arrebentar entre as duas.

03) É mais eficiente deixarem esticada por que é mais fácil de secar, e seja as moléculas não dilatare evaporando.

04) Porque quando está no varal as moléculas não se dilatare evaporando e por causa da energia e da transformação.

Fonte: Dados da Pesquisa (2021).

Transcrições das respostas

- 1) Ilustrado acima.
- 2) Porque as duas podem dilatar aí aumentar e pode arrebentar entre as duas.

- 3) É mais eficiente deixar esticada porque é mais fácil de secar, ou seja, as moléculas vão dilatando e evaporando.
- 4) Porque quando está no varal as moléculas vão se dilatando e evaporando por causa da energia e da transformação.

Quanto à questão 1, o aluno conseguiu lembrar, entender e **aplicar** a Lei Geral dos Gases (embora tenha esquecido da unidade kelvin na resposta final). Na questão 2, o aluno não demonstrou ter lembrado (ou entendido) o conceito de dilatação. Na questão 3, o aluno apenas **reconheceu** que as roupas devem ser dispostas da maneira correta (a justificativa se mostrou insuficiente, houve também a incorporação inadequada do conceito de dilatação). Quanto à última questão, o aluno lembrou da definição de calor, associando à agitação das moléculas, e não entendeu que esse processo é agravado em dias mais quentes, acelerando a evaporação da água (houve novamente a incorporação inadequada do conceito de dilatação).

4.3.3 Exemplar com maior avanço na Atividade 2

Como exemplar analítico de maior avanço na Atividade 2, destacam-se as respostas do Aluno 1, contidas na Figura 3, com transcrições de textos em sequência desta.

Figura 3: Exemplar com maior avanço na Atividade 2 - Aluno 1


Atividade 2

1)

a) O calor suspenso na atmosfera pela propagação da energia de Sol na Terra é a **TERAPIAÇÃO**.

b) O calor suspenso na atmosfera pelas ondas de calor que são produzidas de um lugar para outro, é a radiação de propagação de calor. Quando uma onda incide no outro e por fim, a onda de calor suspenso da propagação de ondas e intensificação dos pontos que faz os moléculas da onda agitarem, formando os fulgêncios e falhas.

c)



TERRA

d) O calor produzido pelas queimadas diminui a densidade do ar, o que faz com que os fulgêncios sejam carregados pelos ventos de ar para outros lugares.

2)

a) maró → 12g
carro → 150g

10 → 120
11 → 132
12 → 144
13 → 156

R: O maró é 12,5 vezes que o carro. Dado o maró muito menos difícil de controlar, o carro fica.

b) Quando a água tem a temperatura ambiente, ela se transforma em vapor de água, o que faz com que a água se transforme em vapor de água, com isso se transforma em energia elétrica.

c) Sim, pois o sol transmite o calor para a água fazendo com que ela aqueça, subindo para a atmosfera, formando os fulgêncios e falhas.

Fonte: Dados da Pesquisa (2021).

Transcrições das respostas

1.a) O processo responsável pela propagação da energia do Sol até a Terra é a IRRADIAÇÃO.

1.b) A irradiação é responsável pelas ondas de calor que são propagadas de um lugar para outro, já a condução se propaga através do contato (quando uma brasa encosta na outra). Por fim, a convecção é através de fumaças e interferência de gases o que faz as moléculas do ar se agitarem, fazendo as fuligens se espalharem.

1.c) Ilustrado acima.

1.d) O calor produzido pelas queimadas diminui a densidade do ar, o que faz com que as fuligens sejam carregadas pelas correntes de ar para outros lugares.

2.a) O metrô é 12,5 vezes melhor que o carro. Devido ao metrô emitir menos dióxido de carbono na atmosfera

2.b) Quando água tem altura ela é energia potencial gravitacional, no momento que ela passa pela turbina e obtém movimento ela é energia cinética, com isso se transforma em energia elétrica.

2.c) Sim, pois o sol transmite o calor para a água fazendo com que ela evapore, subindo para a atmosfera, carregando as nuvens, fazendo com que chova.

Quanto à questão 1 alternativa a), o aluno conseguiu **reconhecer** que o processo responsável pela propagação da energia do Sol até a Terra é a irradiação. Na alternativa b), o aluno lembrou das três formas de propagação de calor e mostrou entender como essas formas de transferência se relacionam para **aplicar** seu envolvimento no fenômeno das queimadas. Na alternativa c), o aluno **reconheceu** a camada de gases do efeito estufa, mas não entendeu que ela impede a saída do calor irradiado pelo sol e não aplicou esse conceito (confinando o calor na atmosfera). Na verdade, foi apresentada uma troca inadequada de conceitos entre efeito estufa e camada de ozônio. Quanto à última alternativa dessa questão, o aluno conseguiu lembrar do processo de propagação de calor chamado convecção, entender que isso implicaria em diferença de densidade do ar e implementar esse conceito a fim de **analisar/concluir** o modo com que as fuligens são transportadas para longas distâncias.

Em respeito à questão 2 alternativa a), o aluno reconheceu a maior eficiência ambiental por parte do metrô e **entendeu** que o motivo para isso é a menor emissão de dióxido de carbono na atmosfera. Na alternativa b), o aluno lembrou e entendeu as principais formas de energia envolvidas (potencial gravitacional e cinética), **implementando** cada processo até sua transmissão. Quanto à última alternativa

dessa questão, o aluno reconheceu a importância da energia proveniente do sol e **entendeu** que, indiretamente (através das chuvas), a energia proveniente das usinas hidrelétricas é originada no sol.

4.3.4 Exemplar com menor avanço na Atividade 2

Como exemplar analítico de menor avanço na Atividade 2, destacam-se as respostas do Aluno 4, contidas na Figura 4, com transcrições de textos em sequência desta.

Figura 4: Exemplar com menor avanço na Atividade 2 – Aluno 4

(Definição)

b) condução: o contato por bracos ou de material em alguns casos com o outro

convecção: os gases que não se expandem fazendo o traço de calor, espantando o ar perto da fogueira.

irradiação: ~~o calor~~ é a luz solar que propaga o calor

c)

d) Eles atingem por conta da condução da água.

Desprezo e no mínimo 73 vezes mais eficiente que o convencional

e) a) a água que o nível da água diminui sua energia cinética

b) a) a água que o nível da água diminui sua energia cinética

c) a) a água que o nível da água diminui sua energia cinética

Fonte: Dados da Pesquisa (2021).

Transcrições das respostas

1.a) Irradiação

1.b) Condução: o contato das brasas ou do material em cinzas uma com a outra. Convecção: os gases que irão se agitar fazendo a troca de calor, esquentando o ar perto da fogueira. Irradiação: são as ondas que propagam o calor.

1.c) Ilustrado acima.

1.d) Elas atingem por conta da condução do ar.

2.a) O metrô é no mínimo 13 vezes mais eficiente que o automóvel.

2.b) Ao passo que o nível da água diminui vira energia cinética.

2.c) Sim, pois faz a água evaporar causando a diminuição da água, fazendo assim a energia cinética.

Quanto à questão 1 alternativa a), o aluno conseguiu **reconhecer** que a irradiação é o processo responsável pela propagação da energia do Sol até a Terra. Na alternativa b), o aluno **lembrou** das três formas de propagação de calor, mas não descreveu cada uma delas. Assim como o exemplo do Aluno 1, na alternativa c), o Aluno 4 **reconheceu** a camada de gases do efeito estufa, mas não entendeu que ela impede a saída do calor irradiado pelo sol. Na verdade, também foi apresentada uma troca inadequada de conceitos entre efeito estufa e camada de ozônio (serão feitas considerações sobre essas ocorrências posteriormente). Quanto à última alternativa dessa questão, o aluno não conseguiu lembrar do processo de propagação de calor chamado convecção, portanto não houve avanço até processos cognitivos mais complexos.

Em respeito à questão 2 alternativa a), o aluno **reconheceu** as diferentes taxas de emissão de CO₂ entre o carro e o metrô, mas não relacionou sua resposta às consequências apresentadas no enunciado da questão 1. Na alternativa b), o aluno não lembrou das duas principais formas de energia, isso impediu que houvesse posteriores avanços. Quanto à última alternativa dessa questão, o aluno **reconheceu** a importância da energia proveniente do sol, mas não entendeu que, indiretamente (através das chuvas), a energia proveniente das usinas hidrelétricas é originada no sol.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pensar na taxonomia revisada de Bloom auxilia não só na determinação de objetivos educacionais de uma atividade avaliativa como também permite que o professor a desenvolva de modo que o aluno seja o protagonista. A atividade elaborada pode evitar, portanto, que o aluno seja um mero reproduzidor de conteúdos aprendidos em sala de aula.

Em comparação com as questões do livro didático do PNLD, a atividade elaborada exigiu que o aluno desenvolvesse uma maior complexidade na sequência de processos cognitivos. Isso significa que as questões buscavam não somente que o aluno escrevesse, mas requeriam que ele pensasse, visualizasse e organizasse uma resposta que atendesse ao enunciado de modo mais bem elaborado.

Além disso, quando os alunos não conseguem avançar na hierarquia de processos cognitivos da taxonomia revisada de Bloom, são reveladas dificuldades e peculiaridades, nas quais o professor precisa investir em questões futuras. Isso é evidente, principalmente, quando se tratam de questões conceituais, como foi visto na atividade elaborada (a troca de conceitos em efeito estufa e camada de ozônio). Esses fatores mostram ao professor a taxonomia como uma ferramenta útil de diagnóstico do processo de ensino-aprendizagem.

Em relação a entraves alusivos ao estabelecimento de relações envolvendo conceitos de física, evidenciados nas atividades de resolução de problemas, destacam-se: as características dos materiais didáticos; a disponibilidade dos discentes para essas inter-relações; as condições relacionadas ao desenvolvimento das ações de ensino-aprendizagem nas instituições educativas; as especificidades dos conteúdos de física; as particularidades dos processos cognitivos vinculados aos objetivos de aprendizagem.

Quanto a limitações, cabe mencionar que o contexto da educação local e nacional, no mês em que foram realizadas as atividades, estava bastante conturbado. Grande parte do sistema educacional estava em greve, tramitava pelo Congresso Nacional uma PEC (Proposta de Emenda Constitucional) que, resumidamente, limitava recursos de educação. Para agravar ainda mais esse

cenário, também, tramitava uma lei que aumentava significativamente a idade mínima para a aposentadoria de contribuintes.

Isso é evidente ao observar que o grupo de estudo dessa pesquisa contém, ao todo, apenas 11 alunos dos 31 matriculados. Outro fator que propiciou a ausência de alunos foi que, nesse período, alguns alunos já estavam com as notas necessárias para a aprovação e, desse modo, optaram por faltar alguns dias de aula no fim do semestre.

Quanto ao envolvimento dos alunos, generalizando, eles se mostraram pouco engajados a responder as questões de maneira completa. Alguns abreviaram até mesmo a linguagem, para respondê-las da maneira mais rápida possível. Acredita-se que isso fora agravado pela situação escolar descrita nos parágrafos anteriores.

A pesquisa foi importante para a formação docente ao apresentar uma nova forma de visualizar, bem como elaborar atividades envolvendo resolução de problemas, com intencionalidade associada à aprendizagem significativa. Os resultados obtidos, também, mostraram uma alternativa para se detectar lacunas no processo de ensino e aprendizagem, que certamente serão úteis no futuro ao docente.

A atividade elaborada, que envolveu atualidades, mostra-se em um contexto propício para ser trabalhada articulando física, química, geografia, biologia. Assim como tudo no dia a dia do ser humano acontece de maneira interdisciplinar, o professor poderia trabalhar, sempre que pudesse, da mesma forma. Como um trabalho futuro, cabe como possibilidade ao professor e pesquisador organizar conteúdo do mesmo modo (em termos taxonômicos), mas desta vez, usufruindo da interdisciplinaridade.

REFERÊNCIAS

- ANDERSON, L. W.; KRATHWOHL, K. R. A. **Taxonomy for learning, teaching and assessing: a revision of Bloom's taxonomy of educational objectives**. New York: Longman, 2001.
- AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. **Psicologia Educacional**. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.
- BROCKINGTON, G.; PIETROCOLA, M. Serão as Regras da Transposição Didática Aplicáveis aos Conceitos de Física Moderna? **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 10, n. 3, p. 387-404, 2016.
- COSTA, S. S. C.; MOREIRA, M. A. A resolução de problemas como um tipo especial de aprendizagem significativa. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 18, n. 3, p. 263-276, jan. 2001.
- CLEMENT, L.; TERRAZZAN, A.; NASCIMENTO, T. B. Resolução de problemas no ensino de Física baseado numa abordagem investigativa. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM ENSINO DE CIÊNCIAS, 4, 2003. **Anais...** Bauru: ABRAPEC, 2003.
- DENZIN, N.; LINCOLN, Y. **O Planejamento da pesquisa qualitativa: teorias e abordagens**. Porto Alegre: ArtMed, 2006, p.15-41.
- 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.
- GONÇALVES FILHO, Aurélio; TOSCANO, Carlos. **Física: Interação e Tecnologia**. 2. ed. São Paulo: Leya, 2016.
- PÉREZ, D. G.; MARTINEZ- TORREGROSA, J.; RAMÍREZ, L.; CARRÉE, A. D.; GOFARD, M.; ANNA MARIA PESSOA DE CARVALHO, A. M. P. Questionando a didática de resolução de problemas: elaboração de um modelo alternativo. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 9, n. 1, p. 7-19, jan. 1992.
- LARA, A. E.; SOUSA, C. M. S. G. O processo de construção e de uso de um material potencialmente significativo visando a aprendizagem significativa em tópicos de colisões: apresentações de slides e um ambiente virtual de aprendizagem. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 4, n. 2, p. 61-82, 2009.
- MOREIRA, M. A. **Teorias de Aprendizagem**. 1 ed. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária, 1999.
- NOVAK, J. D. **Uma teoria de educação**. São Paulo: Pioneira. Ithaca: Cornell University Press, 1981.
- POLYA, G. A arte de resolver problemas. **Interciência**, v. 2, p. 12, 1978.

SCHASTAI, M. B.; PEDROSO, S. M. D. A resolução de problemas ainda é um problema? In: ENCONTRO NACIONAL DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 10, 2010, Salvador. **Anais...** Salvador: SBEM, 2010.

TREVISAN, A. L.; AMARAL, R. G. A Taxionomia revisada de Bloom aplicada à avaliação: um estudo de provas escritas de Matemática. **Ciência & Educação**, v. 22, n. 2, p. 451-464.

APÊNDICE A

ATIVIDADE 1

Quadro 2: Processos cognitivos desenvolvidos por cada aluno relativos à questão 1 da Atividade 1

Aluno	Dimensão do Processo Cognitivo					
	Lembrar	Entender	Aplicar	Analisar	Avaliar	Criar
1	x	x	x			
2	x	x	x			
3	x	x	x			
4	x	x	x			
5	x	x	x			
6	x	x	x			
7	x	x	x			
8	x	x	x			
9	x	x	x			
10	x	x	x			
11	x	x	x			

Fonte: Autor (2021).

Quadro 3: Processos cognitivos desenvolvidos por cada aluno relativos à questão 2 da Atividade 1

Aluno	Dimensão do Processo Cognitivo					
	Lembrar	Entender	Aplicar	Analisar	Avaliar	Criar
1	x					
2	x					
3	x					
4	x					
5						
6	x					
7						
8	x	x				
9	x	x				

10						
11						

Fonte: Autor (2021).

Quadro 4: Processos cognitivos desenvolvidos por cada aluno relativos à questão 3 da Atividade 1

Aluno	Dimensão do Processo Cognitivo					
	Lembrar	Entender	Aplicar	Analisar	Avaliar	Criar
1	x	x				
2	x	x				
3	x					
4	x					
5	x	x				
6	x	x				
7	x	x				
8	x					
9	x					
10	x					
11	x					

Fonte: Autor (2021).

Quadro 5: Processos cognitivos desenvolvidos por cada aluno relativos à questão 4 da Atividade 1

Aluno	Dimensão do Processo Cognitivo					
	Lembrar	Entender	Aplicar	Analisar	Avaliar	Criar
1	X	x	x			
2	x					
3	x					
4	x					
5	x					
6	x					
7	x	x				
8						
9						
10						
11						

Fonte: Autor (2021)

ATIVIDADE 2

Quadro 6: Processos cognitivos desenvolvidos por cada aluno na questão 1.a) da Atividade 2

Aluno	Dimensão do Processo Cognitivo					
	Lembrar	Entender	Aplicar	Analisar	Avaliar	Criar
1	x					
2	x					
3	x					
4	x					
5	x					
6	x					
7	x					
8	x					
9	x					
10	x					
11	x					

Fonte: Autor (2021).

Quadro 7: Processos cognitivos desenvolvidos por cada aluno na questão 1.b) da Atividade 2

Aluno	Dimensão do Processo Cognitivo					
	Lembrar	Entender	Aplicar	Analisar	Avaliar	Criar
1	x	x	x			
2	x					
3	x					
4	x					
5	x					
6	x	x				
7	x	x	x			
8	x	x	x			
9	x	x				
10	x	x				
11	x					

Fonte: Autor (2021).

Quadro 8: Processos cognitivos desenvolvidos por cada aluno na questão 1.c) da Atividade 2

Aluno	Dimensão do Processo Cognitivo					
	Lembrar	Entender	Aplicar	Analisar	Avaliar	Criar
1	x					
2	x	x	x			
3	x					
4	x					
5	x					
6	x					
7	x					
8	x					
9	x					
10	x					
11	x					

Fonte: Autor (2021).

Quadro 9: Processos cognitivos desenvolvidos por cada aluno na questão 1.d) da Atividade 2

Aluno	Dimensão do Processo Cognitivo					
	Lembrar	Entender	Aplicar	Analisar	Avaliar	Criar
1	x	x	x	x		
2	x	x	x	x		
3	x	x	x			
4						
5	x	x				
6	x	x				
7	x	x	x			
8	x	x	x			
9	x	x	x			
10						
11	x					

Fonte: Autor (2021).

Quadro 10: Processos cognitivos desenvolvidos por cada aluno na questão 2.a) da Atividade 2

Aluno	Dimensão do Processo Cognitivo					
	Lembrar	Entender	Aplicar	Analisar	Avaliar	Criar
1	x	x				
2	x	x				
3						
4	x					
5	x	x				
6	x	x				
7	x	x				
8	x	x				
9	x	x				
10	x	x				
11	x	x				

Fonte: Autor (2021).

Quadro 11: Processos cognitivos desenvolvidos por cada aluno na questão 2.b) da Atividade 2

Aluno	Dimensão do Processo Cognitivo					
	Lembrar	Entender	Aplicar	Analisar	Avaliar	Criar
1	x	x				
2	x					
3	x	x				
4						
5	x	x				
6	x	x				
7	x	x				
8	x	x				
9	x	x	x			
10	x	x				
11						

Fonte: Autor (2021).

Quadro 12: Processos cognitivos desenvolvidos por cada aluno na questão 2.c) da Atividade 2

Aluno	Dimensão do Processo Cognitivo					
	Lembrar	Entender	Aplicar	Analisar	Avaliar	Criar
1	x					
2	x	x				
3	x					
4	x					
5						
6	x					
7	x	x				
8	x	x				
9	x	x				
10	x					
11						

Fonte: Autor (2021).