

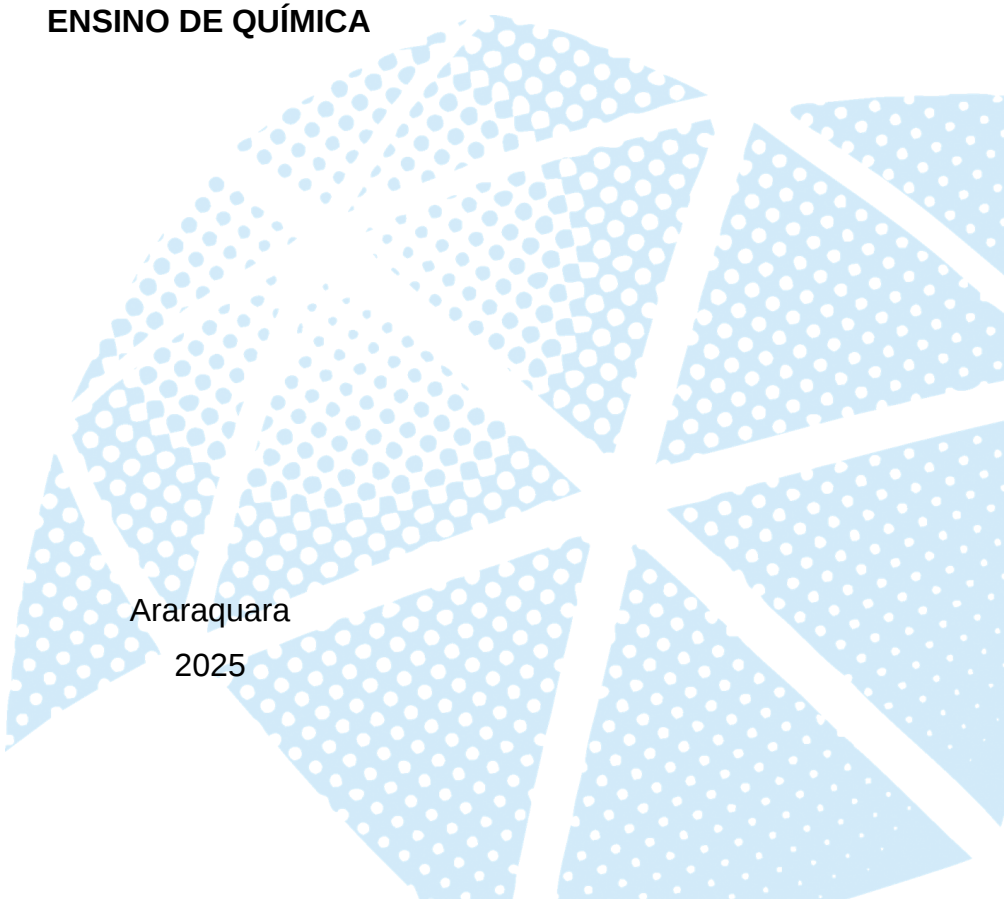
UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP
Instituto de Química - Câmpus de Araraquara

MARCELLI TERRON LEOPOLDINO

**A QUÍMICA DO VIDRO E A RECICLAGEM DE MATERIAIS VÍTREOS:
UMA PROPOSTA DE UNIDADE DIDÁTICA MULTIESTRATÉGICA NA
PERSPECTIVA DOS TRÊS MOMENTOS PEDAGÓGICOS PARA O
ENSINO DE QUÍMICA**

Araraquara

2025



MARCELLI TERRON LEOPOLDINO

**A QUÍMICA DO VIDRO E A RECICLAGEM DE MATERIAIS VÍTREOS:
UMA PROPOSTA DE UNIDADE DIDÁTICA MULTIESTRATÉGICA NA
PERSPECTIVA DOS TRÊS MOMENTOS PEDAGÓGICOS PARA O
ENSINO DE QUÍMICA**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Universidade Estadual
Paulista (UNESP), Instituto de
Química, Araraquara, para obtenção
do título de Licenciada em Química.

Orientador: Prof. Dr. Douglas Faza Franco
Coorientadora: Me. Melany I. G. Natale

Araraquara

2025

L587q	Leopoldino, Marcelli Terron A Química do vidro e a reciclagem de materiais vítreos: uma proposta de Unidade Didática Multiestratégica na perspectiva dos Três Momentos Pedagógicos para o Ensino de Química / Marcelli Terron Leopoldino. -- Araraquara, 2025 129 p. : tabs., fotos, mapas Trabalho de conclusão de curso (Licenciatura - Química) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Química, Araraquara Orientador: Douglas Faza Franco Coorientadora: Melany Isabel Garcia Natale 1. Planejamento. 2. Química (Ensino Médio). 3. Refugo de vidro Reciclagem. I. Título.
-------	--

MARCELLI TERRON LEOPOLDINO

**A QUÍMICA DO VIDRO E A RECICLAGEM DE MATERIAIS VÍTREOS: UMA
PROPOSTA DE UNIDADE DIDÁTICA MULTIESTRATÉGICA NA
PERSPECTIVA DOS TRÊS MOMENTOS PEDAGÓGICOS PARA O ENSINO
DE QUÍMICA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
à Universidade Estadual Paulista (UNESP)
Instituto de Química, Araraquara, para
obtenção do título de Licenciada em Química.

Data da defesa: 25/11/2025

Banca Examinadora:

Documento assinado digitalmente
 **DOUGLAS FAZA FRANCO**
Data: 04/12/2025 13:24:36-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Douglas Faza Franco
Instituto de Química – UNESP, Araraquara

Documento assinado digitalmente
 **MARCELO NALIN**
Data: 04/12/2025 10:27:04-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Marcelo Nalin
Instituto de Química – UNESP, Araraquara

Documento assinado digitalmente
 **ELIAS PAIVA FERREIRA NETO**
Data: 04/12/2025 20:42:05-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Elias Paiva Ferreira Neto
Instituto de Química – UNESP, Araraquara

*Dedico este trabalho aos meus pais, que sob muito
sol, fizeram-me chegar até aqui, na sombra.*

AGRADECIMENTOS

Minha jornada até aqui não foi fácil, mas se tornou leve por ter pessoas que fizeram toda a diferença. Meu trabalho é fruto, em diversos sentidos, de uma construção coletiva e é com o coração cheio de gratidão que registro estes agradecimentos.

Eu agradeço antes de tudo à Deus, que em meio às incertezas que pesavam e aos momentos em que as forças pareciam se esgotar me mostrou motivos para não desistir. Sem Ele, nada disso seria possível.

Aos meus pais, Alessandra e Marcelo, meu eterno amor e gratidão. Vocês são o alicerce da minha vida, meus maiores exemplos de fé, humildade e amor. Obrigada por cada gesto, cada renúncia silenciosa, pelos conselhos e pela motivação constante em meio ao caos. Vocês fizeram meus dias mais leves, minha vida mais feliz. E, obrigada por acreditarem em mim, tudo o que sou devo a vocês.

Para meus amigos, que se fizeram presentes mesmo com a distância, oferecendo carinho, escuta e leveza nos momentos mais tensos. A amizade de vocês foi um abrigo constante, obrigada.

Ao meu orientador Prof. Dr. Douglas Faza Franco e à minha co-orientadora Me. Melany Isabel Garcia Natale, que com paciência, sabedoria e generosidade me guiaram nesta trajetória, agradeço profundamente pela confiança.

E a todos que, de maneira direta ou indireta, contribuíram para que este momento se tornasse realidade, deixo aqui o meu sincero agradecimento, acompanhado de todo o carinho e respeito que esta etapa merece.

“Os obstáculos são ensinamentos para o seu espírito. ”
(Santa Rita de Cássia)

APRESENTAÇÃO

Sou natural de uma pequena cidade do interior do estado de São Paulo, Vista Alegre do Alto, e nela estudei até o 9º ano do Ensino Fundamental em escolas públicas (E.M.E.I.E.F. “Irineu Julião” dos 4 aos 10 anos, E.E “Profº Salvador Gogliano Jr.” dos 11 aos 14 anos e ETEC “Dr. Adail Nunes da Silva” dos 15 aos 18 anos). Cresci com o ideal de me formar em uma Universidade pública tanto pelas condições financeiras quanto pelo ensino de melhor qualidade. De início, queria cursar a formação de Arquitetura devido a admiração que tinha por esta profissão e também porque ainda não tinha conhecimento de tantas áreas de atuação.

Na minha cidade existe uma empresa local, a Nardini Agroindustrial, que realiza provas que envolvem todo conteúdo de cada série específica a fim de premiar os melhores alunos do 5º e 9º anos do Ensino Fundamental e 3º ano do Ensino Médio. As provas são divididas em duas fases, a primeira fase é formada por questões de múltipla escolha e a segunda fase geralmente uma redação com o tema sorteado no momento em que os finalistas irão realizá-la, normalmente com temas sobre sustentabilidade e educação ambiental.

A premiação classifica os 5 melhores alunos de cada etapa. Em 2013, quando estava terminando o 4º ano, e 2017, quando estava finalizando o 9º ano do Ensino Fundamental, fui vencedora do “Prêmio Aurélio Nardini” (o vencedor do prêmio ganha bolsas de estudo nas melhores escolas da região, também, ganham recursos para incentivar os estudos (livros, notebooks, tablets e impressoras) e nessa indústria sempre visam a melhoria de práticas ambientais, como por exemplo existe o projeto “Nardini sempre Verde” que tem por objetivo estimular o interesse pela natureza em crianças.

Nestas escolas em que estudei sempre foi difundido o “Vestibulinho” para o ingresso dos alunos em uma Escola Técnica que possuía o Curso Técnico em Química integrado ao Ensino Médio, a ETEC “Dr. Adail Nunes da Silva”, situada no município de Taquaritinga - SP. A partir da minha aprovação nesta instituição, em 2018, meu amor por este curso começou a surgir.

Fui a uma viagem no último ano do Ensino Médio/ Técnico para conhecer o CCA (Centro de Ciências de Araraquara) e desde então decidi que iria continuar minha formação acadêmica na área da Química, inicialmente na Engenharia Química. Todavia, a escolha de cursar Licenciatura em Química não ocorreu porque

meus interesses estão alinhados com a área da educação, mas sim por ser um curso noturno, possibilitando que eu trabalhasse nos períodos de manhã e tarde.

Por fim, em 2021 fui aprovada para cursar Licenciatura em Química no Instituto de Química da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – (IQAr) UNESP na cidade de Araraquara - SP.

Concomitantemente, comecei a estagiar em uma empresa situada no município de Vista Alegre do Alto, cujo nome é Indústria de Polpas e Conservas Val Ltda., onde pude desenvolver atividades laboratoriais, análises físico-químicas acerca da qualidade dos alimentos produzidos nela. Entretanto, atualmente atuo como Auxiliar de Desenvolvimento Infantil em uma creche-escola da minha cidade natal. Esse foi o primeiro contato direto que tive com o ensino básico de modo geral, dessa forma pude interagir com a comunidade e estabelecer meu senso crítico a respeito do Sistema de Ensino.

Recentemente, em 2024, cursando o 4º ano da graduação, tive a oportunidade de conhecer o Prof. Dr. Douglas Faza Franco que ministrava a disciplina de Química Inorgânica Teórica, pela qual despertei interesse em aprofundar meus conhecimentos, daí em diante cogitei a inclusão desta em meu Trabalho de Conclusão de Curso e convidei o Prof. Dr. Douglas Faza Franco para que fosse orientador. Após o aceite, começamos a debater ideias para a realização do projeto e como o Prof. Dr. Douglas é experiente em estudos sobre vidros e vitrocerâmicas, decidimos que o tema do projeto seria baseado nestes âmbitos, ou seja, na reciclagem de resíduos sólidos, em especial o vidro, com foco no Ensino de Química voltado para alunos do último ano do Ensino Médio.

No momento em que estava cursando a disciplina “Instrumentação para o Ensino de Química” no 5º ano da faculdade conheci a Profª. Me. Melany Isabel Garcia Natale que me apresentou a Unidade Didática Multiestratégica, a qual me intrigou por abranger todas as áreas que envolvem a atuação como docente em uma instituição de ensino, e resolvi utilizá-la em meu trabalho.

Portanto, neste trabalho será proposta uma UDM (Unidade Didática Multiestratégica) baseada nos Três Momentos Pedagógicos com foco na reciclagem de resíduos sólidos (vidros) visando aprimorar as práticas sustentáveis, a inserção de novos conceitos e a fundamentação do pensamento crítico dos alunos.

Pressuponho que este tema seja de suma importância para a formação acadêmica e social dos alunos, visto que o descarte inadequado destes resíduos

implica em diversos impactos ambientais. Isto posto, pretendo despertar a curiosidade e interesse dos alunos sobre esta área para que possam um dia seguir nesta profissão, como está ocorrendo comigo.

RESUMO

O presente trabalho se trata de uma proposta de uma Unidade Didática Multiestratégica sobre materiais vítreos e a reciclagem destes materiais para o 2º ano do Ensino Médio. Essa proposta parte da presença do tema nos Currículos do Estado de São Paulo e na Base Nacional Comum Curricular e do pouco estudo sobre reciclagem de resíduos sólidos e de materiais vítreos dentro do Ensino Básico. Dessa forma, o desenvolvimento desta UDM, a partir da metodologia de ensino dos Três Momentos Pedagógicos organiza o conteúdo em três sequências didáticas, para abranger os três passos da metodologia: problematização inicial, organização do conteúdo e aplicação do conteúdo. O objetivo central do trabalho consiste na proposta de uma UDM que seja coerente e que possa ser utilizada por futuros docentes a fim de auxiliar e agregar no ensino do tema exposto. A metodologia do trabalho envolve a elaboração de uma UDM a partir de sete tarefas que são: caracterização do contexto de intervenção didático-pedagógico, análise científico-epistemológica, análise didático-pedagógica, seleção da metodologia de ensino, definição dos objetivos de aprendizagem para os alunos, seleção das estratégias didáticas e das estratégias de avaliação. Os resultados demonstram que a UDM proposta pode ser considerada coerente e fundamentada nos pressupostos teóricos e metodológicos utilizados e que pode vir a se mostrar útil como um material para professores atuantes dentro da sala de aula.

Palavras-chave: Planejamento; Ensino de Química; Vidros; Reciclagem de Vidro.

ABSTRACT

The present work consists on a proposal for a Multi-Strategic Didactic Unit (MDU) about vitreous materials and their recycling, intended for the second year of high school. This proposal is based on the presence of the topic about materials in the São Paulo State Curricula and in the National Common Curricular Base (BNCC). It can be considered an important topic as well based on the limited study of solid waste recycling and glass materials during Basic Education. This MDU is based on the Three Pedagogical Moments teaching methodology and the content is organized into three teaching sequences that encompass the three steps of the methodology: initial problematization, content organization, and content application. The main objective of this work is to propose an MDU that is coherent and can be used by future teachers to support and enhance the teaching of the proposed topic. The methodology involves the development of an MDU through it's seven tasks: characterization of the didactic-pedagogical intervention context, scientific-epistemological analysis, didactic-pedagogical analysis, selection of the teaching methodology, definition of the learning objectives for students, selection of didactic strategies and selection of assessment strategies. The results show that the proposed MDU can be considered coherent and well-grounded in the theoretical and methodological principles employed, and that it may prove useful as a resource for teachers working in the classroom.

Keywords: Planning; Teaching Chemistry; Glass; Glass Recycling.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –	Queimador de incenso feito por técnica mista pertencente à Coleção do Museu Nacional em 2018	19
Figura 2 –	Diagrama V-T	22
Figura 3 –	Diagrama esquemático de entalpia versus temperatura para uma substância formadora de vidro, mostrando quatro estados distintos: líquido (liquid), líquido super-resfriado (supercooled liquid), vidro (glass) e cristal (crystal)	24
Figura 4 –	Analogia bidimensional esquemática para salientar a diferença estrutural entre estrutura de um cristal e a estrutura de um vidro	25
Figura 5 –	Divisão do Campo Cristalino	31
Figura 6 –	Mudança de energia dos orbitais d do íon metálico ao formar um	
Figura 7 –	campo cristalino octaédrico	32
Figura 8 –	Série espectroquímica	33
	Coloração dos vidros e seus respectivos elementos	34
Figura 9 –	Sistematização do planejamento de uma UDM	39
Figura 10–	Categorização atual da Taxonomia de Bloom proposta por Anderson, Krathwohl e Airasian, no ano de 2001	49
Figura 11–	Os tetraedros de SiO_4 e as maneiras como eles podem associar-se. A estrutura rotulada como (c) corresponde a um arranjo regular, como ocorre na sílica. Já a estrutura (d) é desordenada, embora possa ter alguma microcristalinidade, como sucede nos vidros	63
Figura 12–	Estrutura de um vidro silicato	63
Figura 13–	Coloração dos vidros de acordo com sua composição	64
Figura 14–	Mapa conceitual sobre vidros e sua reciclagem	65

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 –	Definições de vidros encontradas em livros-texto publicados na década de 90 e definição atual de vidros	21
Quadro 2 –	Espécies químicas formadoras de vidro	27
Quadro 3 –	Óxidos colorantes empregados em vidros comerciais e a cor correspondente às diferentes valências nas quais os óxidos podem apresentar	30
Quadro 4 –	Máscara da Tarefa 1 da UDM: o contexto da intervenção didático-pedagógica	40
Quadro 5 –	Máscara da Tarefa 2 da UDM: Análise Científico-Epistemológica	41
Quadro 6 –	Máscara da Tarefa 3 da UDM: Análise Didático-Pedagógica	44
Quadro 7 –	Máscara da Tarefa 4 da UDM: Abordagem Metodológica	47
Quadro 8 –	Máscara da Tarefa 5 da UDM: Seleção de Objetivos e Estratégias de Avaliação	48
Quadro 9 –	Estrutura do processo cognitivo na taxonomia de Bloom – revisada	50
Quadro 10 –	Máscara da Tarefa 5 da UDM: Seleção das Estratégias Didáticas e de Avaliação	51

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
1.1 Reciclagem De Materiais Vítreos: O Desafio De Integrar A Educação Ambiental Na Escola	15
1.2 Vidros E Educação: Um Olhar Integrado Entre Ciência, Sustentabilidade E Ensino	16
1.3 Definição De Vidros	18
1.4 Diferentes Tipos De Vidros E Suas Aplicações	26
1.5 Reciclagem De Materiais Vítreos	34
2 OBJETIVOS	38
2.1 Objetivo Geral	38
2.2 Objetivos Específicos	38
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	39
3.1 Etapa 1: O Planejamento De Uma Udm	39
3.2 Etapa 2: A Implementação De Uma Udm	55
3.3 Etapa 3: O Replanejamento De Uma Udm	55
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	57
4.1 Tarefa 1 - Contexto Da Intervenção Didático-Pedagógica	57
4.2 Tarefa 2 - Análise Científico - Epistemológica	58
4.3 Tarefa 3 - Análise Didático - Pedagógica	65
4.4 Tarefa 4 - Abordagem Metodológica	68
4.5 Tarefa 5 - Título, Objetivos De Aprendizagem E Sequências Didáticas	70
4.6 Tarefa 6 E 7 - Seleção Das Estratégias Didáticas E Das Estratégias De Avaliação	72
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	76
REFERÊNCIAS	78
APÊNDICE – UDM COMPLETA	84

1 INTRODUÇÃO

1.1 Reciclagem de Materiais Vítreos: O Desafio de Integrar a Educação Ambiental na Escola

É imprescindível que o ser humano se familiarize com as práticas sustentáveis, para que assim vire hábito e acarrete a melhoria socioambiental, e para que isto se torne efetivo, o ambiente escolar é uma das melhores alternativas para dar maior visibilidade ao tema. Os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) deliberam que a educação deve relacionar-se com o cotidiano do aluno a fim de dar significado ao conteúdo curricular (Brasil, 2013). Para que isso ocorra, a escola deve ser capaz de promover o exercício da cidadania presente na legislação e nos currículos oficiais, bem como a prática que proporcionaria a implementação do conhecimento disciplinar em variadas áreas da sociedade (Ozório *et al.*, 2015).

Entretanto, a negligência referente ao ensino que promove a educação ambiental é marcante, ou seja, grande parte das instituições de ensino não a implementa. Muitas vezes, é observado nas unidades escolares um ensino técnico e mecânico, porém, para uma aprendizagem significativa é preciso que os alunos descubram e conheçam a sociedade em que vivem para que assim, possam opinar e interferir positivamente perante situações adversas.

Mediante o exposto por Mazzarino, Munhoz e Keil (2012) o processo educativo se dá em grande parte com quadro-negro, giz, salas de aulas em espaços fechados com a transmissão de conteúdos por meio de livros didáticos e então:

Aprendem-se conhecimentos experienciados por outras pessoas de tal forma que aquele que aprende está separado daquilo que é aprendido. (Mazzarino; Munhoz; Keil, 2012, p. 54)

Torna-se evidente, portanto, que é necessário que as instituições de ensino moldem as atitudes e a formação de valores dos alunos. Segundo Ozório *et al.* (2012), a reciclagem pode gerar oportunidades de participações comunitárias transformando assim a consciência ambiental e a responsabilidade dos alunos sobre os resíduos gerados por eles mesmos e para trazer isso para a realidade escolar pode-se fazer uma junção dos conceitos de reciclagem com termos descritos nos currículos oficiais

para que os alunos compreendam por meio de uma intersecção ou relação entre os temas.

Para Ozório *et al.* (2012) é papel do professor proporcionar aos discentes condições para sua mudança de comportamento, para que assim sejam conscientes da importância de seus atos em relação à natureza e preservação do meio ambiente. Esclarecendo a perspectiva, Mazzarino, Munhoz e Keil (2012, p. 59) salientam:

Diante disso, a dimensão ambiental pode se configurar como um fator desencadeador de ações éticas e humanistas, de ações que transcendam contextos e fronteiras. Agir dessa forma exige ultrapassar as amarras estabelecidas por um currículo disciplinar e pelos muros da escola. Outros espaços e tempos escolares necessitam ser tecidos, novas pedagogias e racionalidades emergem para além dos contextos reprodutivistas de um mundo ainda insustentável.

Consequentemente, compete aos currículos possibilitar a contextualização destes temas com o que é proposto na grade curricular do núcleo comum, para que a educação propicie uma maneira ampliada de perceber o mundo (Ozório *et al.*, 2015). Portanto, este trabalho se propõe a explorar as propriedades que tornam os vidros tão versáteis, além da sua inserção no Ensino de Química para aprimorar o pensamento crítico dos discentes perante as demandas sociais.

1.2 Vidros e Educação: Um Olhar Integrado entre Ciência, Sustentabilidade e Ensino

Os vidros são materiais fundamentais em nossas vidas, devido a uma infinidade de aplicações em diversos setores da sociedade e por apresentar uma grande variedade de composições químicas.

Muito desta situação vem do fato de que os vidros são materiais conhecidos há bastante tempo. Alguns estudiosos chegam mesmo a dizer que, provavelmente, estão entre os materiais mais antigos feitos pelo homem, sendo utilizados desde o início dos primeiros registros históricos. (Alves; Gimenez; Mazali, p. 1, 2001)

A química inorgânica apresenta um papel importantíssimo quanto à descoberta de novas composições vítreas, visando a demanda do mundo atual quanto a necessidade de aplicações específicas em áreas tais como, a física e a química.

Nesse contexto, a arte de preparar vidros é abordada por diversos conceitos fundamentais da Química Inorgânica. O estudo desse material envolve a compreensão das composições vítreas, que são formadas por diferentes tipos de óxidos, os formadores de rede como o dióxido de silício (SiO_2), são responsáveis pela estrutura básica do vidro, já os intermediários como o óxido de alumínio (Al_2O_3), podem reforçar essa estrutura e os modificadores, como os óxidos de sódio (Na_2O) e cálcio (CaO), alteram suas propriedades físicas e químicas, como dureza e ponto de fusão (Zachariasen, 1932).

Além disso, a presença de metais de transição, como ferro, cobalto ou cobre, e seus diferentes números de oxidação, influenciam diretamente a coloração dos vidros, resultando em tons variados conforme o tipo e a quantidade desses íons metálicos incorporados à rede vítrea.

Ao tratar de um material amplamente utilizado na sociedade, o tema promove a contextualização do conhecimento científico, tornando o aprendizado mais significativo. Do ponto de vista pedagógico, essa abordagem favorece o desenvolvimento de competências cognitivas, como a análise, a síntese e a resolução de problemas, ao mesmo tempo em que estimula valores como cidadania, sustentabilidade e responsabilidade.

No contexto do ensino brasileiro de Química, observa-se, a partir da realização de uma revisão bibliográfica, que poucos trabalhos exploram o tema “materiais vítreos” sob uma perspectiva didática, no mais, um exemplo de material didático digno de ser citado são as Histórias em Quadrinhos sobre vidros das professoras Iwata e Lupetti, publicados na Revista Ludus Scientiae em 2017.

Essa carência reflete um cenário mais amplo da educação científica no país, marcada pela predominância de abordagens teóricas e descontextualizadas, que pouco dialogam com o cotidiano dos estudantes. Consequentemente, conteúdos como o estudo dos materiais, suas propriedades e processos de transformação acabam sendo tratados de forma fragmentada e desvinculada de situações reais.

Segundo a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), no capítulo 5.3 “A área de ciências da natureza e suas tecnologias” a reciclagem é citada em *contextualização social, histórica e cultural da ciência e da tecnologia* onde é inferido que o estudante deve poder avaliar o reuso e reciclagem de recursos naturais, dessa forma, é exposto a preocupação com as adversidades socioambientais, todavia ao pesquisar sobre

planejamentos didáticos que envolvam a temática “vidros” nada é encontrado (Brasil, 2018).

Do mesmo modo, ao analisar o Currículo Paulista referente à etapa do Ensino Médio, a reciclagem é pertinente na descrição dos objetos do conhecimento da unidade temática Matéria e Energia, ou seja, é brevemente citada e no que se diz respeito aos vidros não se verificou nenhuma evidência de competências e habilidades específicas, entretanto, foram encontradas para “Materiais e Propriedades” (Secretaria da Educação do Estado de São Paulo, 2019).

Sob essa ótica, o ensino acerca da reciclagem de resíduos sólidos, mais especificamente de vidros, é deficiente em instituições de ensino. A priori, a negligência do descarte de vidros é significativa, além da falta de informações sobre os tipos de composições vítreas descartadas atualmente, o tempo que este material leva para decomposição no meio ambiente e os meios de coleta seletiva.

Diante do exposto, é essencial compreender com maior clareza a natureza do material em questão. Nesse sentido, este trabalho de conclusão de curso se dedica diretamente à apropriação do pensamento crítico dos alunos, à conscientização socioambiental e ao aprimoramento dos conceitos científicos.

1.3 Definição de Vidros

É imprescindível citar que o vidro é um material utilizado desde os primórdios da civilização, à título de demonstração, a descoberta do vidro é uma das mais antigas conquistas humanas, sucedendo do explícito por Silva e Filgueiras (2023):

Uma combinação de evidência arqueológica e análise das fontes antigas aponta para uma origem mesopotâmica para o fabrico do vidro, datando-o de cerca de 2500 AC. Em torno de 1400 AC, durante o reinado do faraó Akhenaten, a técnica e seus praticantes teriam migrado para o Egito, onde esta técnica se desenvolveu consideravelmente, tendo permanecido insuperável por séculos (Silva; Filgueiras, 2023, p. 492).

Sucedendo da análise da linha do tempo desenvolvida por Silva e Filgueiras (2023) é pertinente salientar que o vidro soprado surgiu no Oriente Próximo logo o centro produtor deste vidro foi a Síria, possivelmente pela intervenção de artesãos fenícios. Em seguida, em 300 a.C. e o vidro denominado “vidro romano” ilustrado na Figura 1 passou a ser produzido no Império Romano.

Figura 1 - Queimador de incenso feito por técnica mista pertencente à Coleção do Museu Nacional da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) em 2018.



Fonte: Silva e Filgueiras (2023)

Giovanni (1992) aponta a descoberta dos vidros feita pelos fenícios em uma praia do Mediterrâneo, há mais de 3000 anos antes da Era Cristã, quando estes improvisaram uma fogueira utilizando salitre e soda, e posteriormente observaram que do fogo fluía uma substância brilhante que se solidificava de maneira rápida. Entretanto, segundo Silva (2017, p. 13),

conforme pesquisas arqueológicas, Zanotto (1989) o vidro já era conhecido há pelo menos 4.000 anos antes da Era Cristã como mostram os objetos cerimoniais e adornos encontrados dentro de tumbas de faraós, em pirâmides do Egito.

Não obstante, em 79 d.C. Plínio, “o Velho”, deixou em *História Natural* uma descrição do fábriço do vidro pelos romanos e por outros povos, pontuando sobre a adição de compostos de magnésio e também, que o vidro toma forma a partir do sopro ou que recebe forma num torno (Silva; Filgueiras, 2023). Avanços importantes na fabricação dos vidros datam da Idade Média, como por exemplo, os vidreiros ocidentais com a criação de vitrais coloridos de igrejas e castelos, além da fabricação de lentes de óculos de leitura (Silva; Filgueiras, 2023).

Portanto, a diversidade na fabricação do vidro na Idade Média continuou na Renascença, onde sua utilização abrangeu os laboratórios alquímicos e químicos. A partir de então, o vidro esteve cada vez mais associado à ciência e à Química,

exemplificando, as vidrarias do laboratório de Lavoisier (do século XVIII) que perduram até os dias de hoje no Museu de Artes e Ofícios de Paris (Silva; Filgueiras, 2023).

Ainda de acordo com Silva e Filgueiras (2023), o século XIX foi marcado pela produção em massa de aparelhos científicos de vidro, sucedendo assim o aparecimento de vidrarias padronizadas nos laboratórios como béqueres, erlenmeyers, pipetas, buretas, condensadores, destiladores e dessecadores, além de ser de suma importância a iniciativa de Gay-Lussac (século XIX) para a fabricação de vidros laboratoriais em escala industrial.

Os materiais vítreos estão presentes de diversas formas na sociedade, seja em construções civis como em edifícios e vitrais de catedrais, na medicina como biovidro (Jones *et al.*, 2016), na tecnologia como a fibra óptica (Kao; Hockham, 1966) e as telas dos smartphones, na arte e no cotidiano, ou seja, em janelas, portas, garrafas, lâmpadas e utensílios em geral.

Enfatizando sobre a revolução das fibras ópticas que teve início em 1966, quando Charles Kuen Kao e George Hockham, pesquisadores dos Standard Telecommunication Laboratories (STL), no Reino Unido, publicaram um estudo pioneiro que transformou profundamente o campo das comunicações. No artigo “Dielectric-fiber surface waveguides for optical frequencies”, os autores demonstraram que as fibras de vidro poderiam ser utilizadas para a transmissão de sinais ópticos a longas distâncias, desde que o material apresentasse elevado grau de pureza (Kao; Hockham, 1966). Embora o conceito teórico tenha sido proposto nesse mesmo ano, a concretização prática ocorreu em 1970, quando pesquisadores da Corning Glass Works (EUA) desenvolveram a primeira fibra óptica de baixa perda, com atenuação aproximada que atingiu o limite previsto por Kao.

Devido à complexidade da designação destes materiais vítreos, sucederam diversas definições ao longo dos anos e a mais recente foi definida por Zanotto em 2017 (Zanotto; Mauro, 2017). Segundo Alves, Gimenez e Mazali (2001) as definições mais fundamentadas e pertinentes da década de 1990 são demonstradas no Quadro 1 a seguir.

Quadro 1 - Definições de vidros encontradas em livros-texto publicados na década de 90 e definição atual de vidros.

Autor	[Ano]	Definição
Elliott	[1990]	“Vidros são materiais amorfos que não possuem ordem translacional longo alcance (periodicidade), característica de um cristal. Os termos amorfo e sólido não-cristalino são sinônimos nesta definição. Um vidro é um sólido amorfo que exhibe uma transição vítrea.”
Zarzycki	[1991]	“Um vidro é um sólido não-cristalino exibindo o fenômeno de transição vítrea.”
Doremus	[1994]	“Vidro é um sólido amorfo. Um material é amorfo quando não tem ordem a longa distância, isto é, quando não há uma regularidade no arranjo dos constituintes moleculares, em uma escala maior do que algumas vezes o tamanho desses grupos. Não é feita distinção entre as palavras vítreo e amorfo.”
Varshneya	[1994]	“Vidro é um sólido que tem a estrutura do tipo de um líquido, um sólido “não-cristalino” ou simplesmente um sólido amorfo, considerando a característica de amorfo como uma descrição da desordem atômica, evidenciada pela técnica de difração de raios-X.”
Shelby	[1997]	“Vidro é um sólido amorfo com ausência completa de ordem a longo alcance e periodicidade, exibindo uma região de transição vítrea. Qualquer material, inorgânico, orgânico ou metal, formado por qualquer técnica, que exhibe um fenômeno de transição vítrea é um vidro.”
Zanotto e Mauro	[2017]	“O vidro é um estado fora do equilíbrio termodinâmico (estado em que os equilíbrios térmico, químico e mecânico ocorrem simultaneamente) e não cristalino da matéria.”

Fonte: Adaptado de Alves, Gimenez e Mazali (2001).

Outras caracterizações importantes extraídas de Zanotto e Mauro (2017) são dignas de serem citadas, como a definição de Gustav Heinrich Johan Apollon Tammann de 1933 “vidros são fundidos solidificados sub-resfriados” e então quarenta anos após, “um material formado pelo resfriamento do estado líquido normal que não mostrou nenhuma mudança descontínua nas propriedades em qualquer temperatura, mas se tornou mais ou menos rígido através de um aumento progressivo em sua viscosidade” por Robert Doremus.

Com base nestas designações e teorias, Zanotto e Mauro (2017) fundamentaram a definição mais recente sobre vidros onde afirmam que:

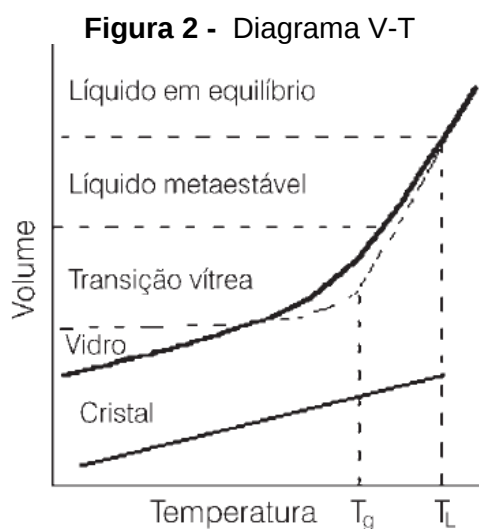
O vidro é um estado fora do equilíbrio termodinâmico (estado em que os equilíbrios térmico, químico e mecânico ocorrem simultaneamente) e não cristalino da matéria, que parece sólido em uma curta escala de

tempo, mas que relaxa continuamente em direção ao estado líquido (Zanotto; Mauro, 2017, p. 494).

Dessa forma, pode-se dizer que eles têm estruturas que se parecem com sólidos em um curto prazo de tempo, todavia relaxam continuamente em direção ao estado líquido (Zanotto; Mauro, 2017).

Em termos da cinética, na literatura usa-se o chamado de Diagrama Volume-Temperatura ou Diagrama V-T, que explica minuciosamente, que explica minuciosamente a cinética de formação de vidros (materiais não-cristalinos) e de fases cristalinas (Alves; Gimenez; Mazali, 2001).

A Figura 2 apresenta um diagrama V-T que demonstra o comportamento de um material fundido, acima da temperatura de fusão T_L , que pode ser resfriado de duas formas: um resfriamento lento ou rápido. A cinética de resfriamento resultará em dois materiais com estruturas diferentes, os materiais cristalinos e os não-cristalinos, respectivamente.



Fonte: Alves, Gimenez e Mazali (2001).

Segundo Alves, Gimenez e Mazali (2001), a T_L é a temperatura do líquido e quando se resfria este material de forma lenta, estruturalmente, os átomos passam a ocupar posições específicas na estrutura do material, de tal modo a formar uma rede estendida e organizada a longo alcance. Cineticamente, pode-se dizer que o sistema atravessa uma região metaestável, próxima ao equilíbrio termodinâmico, na qual o líquido super-resfriado (que se mantém no estado líquido mesmo estando abaixo de sua temperatura de congelamento, isso ocorre porque, embora a substância esteja suficientemente fria para solidificar, a formação da estrutura cristalina típica do sólido é inibida) pode evoluir para a cristalização caso haja o processo de nucleação e

crescimento de cristais (Alves; Gimenez; Mazali, 2001). À título de exemplo em laboratórios, o resfriamento lento dos materiais fundidos em altas temperaturas pode acarretar o processo de cristalização destes materiais, ou seja, ocorrendo a formação de uma estrutura organizada.

Alves, Gimenez e Mazali (2001) impõem que durante a cristalização as unidades começam a se organizar, o que leva um certo período de tempo, portanto, o resfriamento rápido faz com que estas unidades não consigam se movimentar antes de se organizarem por completo e dessa forma pode haver o aumento da viscosidade deste material, o que também impede esta organização, isto significa que há formação de uma estrutura não cristalina que não possui organização de longo alcance.

No caso da formação dos vidros, o resfriamento rápido abaixo de T_L , permite a formação do chamado líquido super-resfriado, o que acarreta em um aumento da viscosidade do sistema e reduz a mobilidade impedindo o processo de nucleação e crescimento de cristais, resultando dessa forma, em uma estrutura mais desorganizada em médio e longo alcance.

Em detalhes, a mobilidade em nível atômico é reduzida conforme a temperatura diminui, devido à diminuição brusca da viscosidade do sistema em uma faixa de temperatura até o sistema atingir a chamada temperatura de transição vítrea (T_g). Conforme explícito por Alves, Gimenez e Mazali (2001), a transição vítrea é uma temperatura específica de vidros que designa a passagem do estado vítreo para o viscoelástico por meio de uma relaxação estrutural que se dá em decorrência de um desimpedimento dos movimentos das cadeias. Com propósito de elucidar:

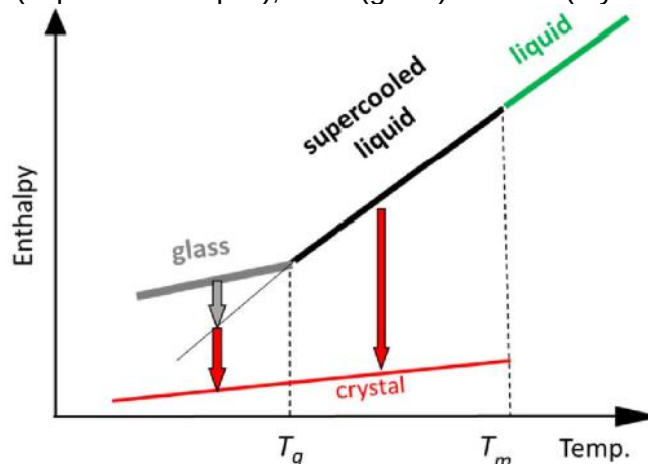
[...] quando um vidro é formado a partir de um fundido, o processo envolve a homogeneização dos componentes acima de T_L , e o resfriamento abaixo de T_g . A velocidade de resfriamento deve ser suficientemente elevada para que não se forme uma quantidade significativa de cristais, uma vez que o vidro completamente não-cristalino é uma situação ideal. No outro extremo, temos o cristal ideal. A velocidade de resfriamento necessária depende das cinéticas de nucleação e crescimento. (Alves; Gimenez; Mazali, 2001, p. 6)

Quanto ao líquido super-resfriado, ao resfriá-lo abaixo da temperatura de transição vítrea (T_g), observa-se uma drástica diminuição da mobilidade dos átomos, tornando o sistema rigidamente estruturado em uma rede não-cristalina. Há uma diferença entre o volume de cristais e vidros, relacionada ao resfriamento e ao empacotamento dos átomos. Segundo Alves, Gimenez e Mazali (2001), o resfriamento lento referente aos cristais ocasiona uma organização maior das

estruturas, ou seja, o empacotamento dos átomos leva a um volume menor, todavia, no resfriamento rápido, típico da formação dos vidros, os átomos não dispõem de tempo para se rearranjar em uma estrutura ordenada e essa desordem atômica faz com que o vidro apresente um volume maior em comparação ao cristal.

Seguindo o mesmo raciocínio, de forma mais atual e com o objetivo de explicar a natureza dos materiais vítreos, Zanotto e Mauro (2017) apresentam o diagrama abaixo, porém na forma de entalpia em função da temperatura, conforme ilustrado na Figura 3, o qual permite visualizar as transformações termodinâmicas envolvidas no processo de formação do vidro.

Figura 3 - Diagrama esquemático de entalpia versus temperatura para uma substância formadora de vidro, mostrando quatro estados distintos: líquido (liquid), líquido super-resfriado (supercooled liquid), vidro (glass) e cristal (crystal).



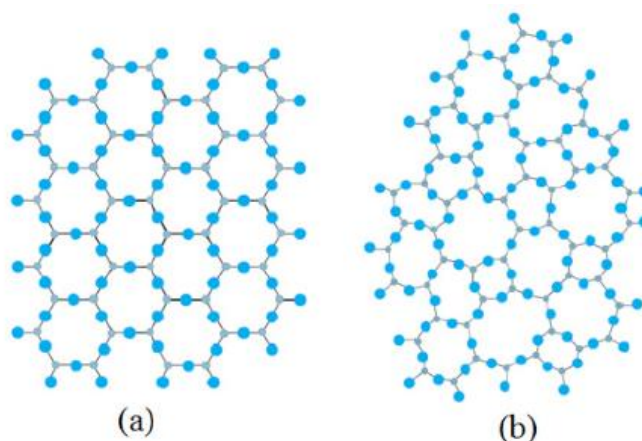
Fonte: Zanotto e Mauro (2017).

Este diagrama esclarece que os líquidos termodinamicamente estáveis existem acima do ponto de fusão, representada no gráfico por T_m e que os líquidos super-resfriados (supercooled liquid) que podem existir entre a T_m e a T_g (a temperatura de transição vítrea), são metaestáveis e com isto se entende que há uma barreira a ser superada (Zanotto; Mauro, 2017).

Em continuidade, é notável a partir da análise da Figura 3 que os vidros existem abaixo da temperatura de transição vítrea (T_g) e são termodinamicamente instáveis podendo relaxar espontaneamente em direção a um processo de devitrificação (Zanotto; Mauro, 2017). Por fim, Zanotto e Mauro (2017) enfatizam que os cristais representados pela linha vermelha, são sólidos que possuem uma estrutura organizada em curto, médio e longo alcance e são estáveis abaixo da T_m .

Ao término da exposição, é válido salientar as diferentes formas de empacotamento de unidades formadoras que levam a afirmar que existem dois tipos de arranjos internos, formando estruturas cristalinas ou não-cristalinas. Abaixo, a Figura 4 ilustra a discrepância bidimensional entre uma estrutura cristalina (a) e uma estrutura não-cristalina, ou seja, uma estrutura com falta de ordem e periodicidade a longo alcance (b).

Figura 4 - Analogia bidimensional esquemática para salientar a diferença estrutural entre estrutura de um cristal e a estrutura de um vidro.



Fonte: Montesso (2012).

Ambas as estruturas acima são formadas por SiO_2 , entretanto, é possível notar que na estrutura (a) houve um resfriamento lento, acarretando uma estrutura mais ordenada (quartzo), já na estrutura (b), o resfriamento ocorreu de maneira rápida que torna a organização dos átomos desordenada e leva à formação de vidro de SiO_2 .

No caso em questão, se trata de vidros constituídos de sílica (SiO_2) e segundo Silva e Filgueiras (2023), os átomos de silício (Si) estão no centro de um tetraedro que forma uma estrutura regular tridimensional e é o modelo estrutural mais utilizado para exemplificar a estruturação vítrea. Não obstante, existem outros tipos de vidro que podem ser formados por outras espécies químicas consoante ao que é explícito em Alves, Gimenez e Mazali (2001) os vidros podem ser formados a partir de elementos como enxofre (S), selênio (Se), fósforo (P) e telúrio (Te), de óxidos como por exemplo o trióxido de diboro (B_2O_3), dióxido de germânio (GeO_2) e trióxido de di índio (In_2O_3), além de sulfetos como o trissulfeto de arsênio (As_2S_3), selenetos, teluretos, haletos como os vidros cloretos, nitratos, sulfatos, carbonatos, acetatos, compostos orgânicos simples como álcool etílico, glicerol, éter etílico e glicose, compostos orgânicos poliméricos como o poliestireno e ligas metálicas como Au_4Si , Pd_4Si .

É imprescindível citar os chamados “formadores de rede” que são responsáveis pela formação da rede tridimensional estendida dos vidros e os óxidos mais comuns são SiO_2 (sílica), B_2O_3 e P_2O_5 (Alves; Gimenez; Mazali, 2001).

Conforme Alves, Gimenez e Mazali (2001), os modificadores de rede são denominados pela sua ação modificadora da rede vítrea constituída pelos formadores, o que pode alterar algumas propriedades estruturais dos materiais pela quebra de ligações químicas, além de modificar propriedades físicas como o ponto de fusão. Os compostos mais utilizados para desempenhar este papel são os óxidos de metais alcalinos e alcalinos terrosos, metais de transição e terras-raras (lantanídeos), como por exemplo os óxidos de sódio (Na_2O) e cálcio (CaO).

Por fim, Alves, Gimenez e Mazali (2001) citam os intermediários, isto é, são cátions que por si só não formam vidros facilmente, porém ao serem misturados aos formadores típicos podem substituí-los na rede, como é válido salientar o óxido de alumínio (Al_2O_3), pode agir como modificador de rede quando está na forma AlO_4 e intermediário quando AlO_6 .

1.4 Diferentes Tipos de Vidros e suas Aplicações

O quadro 2 apresenta uma lista de composições vítreas mais conhecidas e reportadas em Alves, Gimenez e Mazali (2001). De acordo com Zanotto e Mauro (2017), atualmente, existem mais de 400.000 composições vítreas conhecidas, exceto àquelas mantidas sob segredo industrial.

Quadro 2 - Espécies químicas formadoras de vidro

Elementos	S, Se, P, Te
Óxidos	B ₂ O ₃ , SiO ₂ , GeO ₂ , P ₂ O ₅ , As ₂ O ₃ , Sb ₂ O ₃ , In ₂ O ₃ , Tl ₂ O ₃ , SnO ₂ , PbO ₂ , SeO ₂
Sulfetos	As ₂ S ₃ , Sb ₂ S ₃ , CS ₂ Vários compostos de B, Ga, In, Te, Ge, Sn, N, P, Bi
Selenetos	Vários compostos de Tl, Sn, Pb, As, Sb, Bi, Si, P
Teluretos	Vários compostos de Tl, Sn, Pb, As, Sb, Bi, Ge
Haletos	Vidros cloretos multicomponentes baseados em ZnCl ₂ , CdCl ₂ , BiCl ₃ , ThCl ₄ Vidros fluoretos à base de BeF ₂ , AlF ₃ , ZrF ₄ , HfF ₄
Nitratos	KNO ₃ –Ca(NO ₃) ₂ e muitas outras misturas binárias contendo nitratos alcalinos e alcalino-terrosos
Sulfatos	KHSO ₄ e outras misturas binárias e ternárias
Carbonatos	K ₂ CO ₃ – MgCO ₃
Acetatos	Na(CH ₃ COO), Li(CH ₃ COO)
Compostos orgânicos simples	o-terfenil, tolueno, 3-metil-hexano, 2,3-dimetil cetona, etilenoglicol, álcool metílico, álcool etílico, glicerol, éter etílico, glicose
Compostos orgânicos poliméricos	Poliestireno (-CH ₂ -) _n
Ligas metálicas	Au ₄ Si, Pd ₄ Si

Fonte: Adaptado de Alves, Gimenez e Mazali (2001).

Nalin *et al.* (2016) destaca os vidros óxidos de metais pesados (VOMP), vidros fluoretos e vidros calcogenetos que podem ser aplicados em termometria, sensoriamento remoto e dispositivos militares que necessitam de vidros transparentes na região do infravermelho. Alguns VOMPs são fotossensíveis, ou seja, podem ter suas propriedades modificadas sob irradiação de raios gama, X, radiação ultravioleta, visível e infravermelho, estas modificações são mais comumente observadas em vidros calcogenetos (S, Se ou Te) e são utilizados na gravação de dados em CD e DVD (Nalin *et al.*, 2016). O primeiro vidro fotossensível foi evidenciado em 1 de junho

de 1947 por uma empresa americana Corning Glass Works e foi definido como vidro silicato que possuía sal de ouro (podendo ser um sal de Sn^{2+} , Sb^{3+} ou Ce^{3+}) (Nalin *et al.*, 2016).

Em instância adicional, os vidros fluoretos foram descobertos em meados do século XX, em específico os vidros de fluoreto de berílio que se constituíam de alta toxicidade tornando-os pouco utilizados, entretanto em 1947, emergiu uma nova composição vítrea a partir de fluoreto de alumínio e à luz do que reporta Nalin *et al.* (2016), esta nova classe incumbiu inúmeras aplicações tecnológicas como a fabricação de fibras ópticas, lasers e amplificadores ópticos quando dopados com terras raras.

Por conseguinte, é explícito por Nalin *et al.* (2016) os vidros calcogenetos que são constituídos por calcogênios da família 16 da Tabela Periódica (S, Se e Te) ligados covalentemente aos formadores de rede como As, Ge e Sb, as aplicações mais notáveis destes vidros são nas áreas militar, médica e civil de maneira análoga às aplicações tecnológicas.

Na perspectiva de Teixeira e Araújo (2022), os vidros também podem ser classificados em cinco grupos sendo os vidros de sílica fundida, vidros de sodo-cálcicos, borossilicatos, vidros de chumbo e de alumino-borosilicato. Entretanto, sabemos que existem outras famílias de vidros baseados em materiais inorgânicos, orgânicos e metálicos (Alves; Gimenez; Mazali, 2001).

Detalhando os cinco tipos de vidro, tem-se os vidros de sílica fundida que precisam de altas temperaturas para se fundir, seus coeficientes de expansão térmica são baixos e possuem alto grau de inércia química, desta forma, perante estas propriedades suas aplicações estão voltadas para laboratórios, aparelhos astronômicos e janelas e astronaves (Teixeira; Araújo, 2022). Estes vidros, segundo Felisberto (2006), possuem um alto custo de fabricação porque necessitam de temperaturas extremamente elevadas para fundir-se, em torno de 1400°C e 1500°C .

Já os vidros de sodo-cálcico possuem de 8 a 12% de óxido de cálcio e de 12 a 17% de óxido alcalino (usualmente óxido de sódio), é adicionado alumina (óxido de alumínio) 0,6 a 2,5% em sua composição para que este tipo de vidro não cristalize durante sua produção (Teixeira; Araújo, 2022). Felisberto (2006) afirma que estes vidros também podem conter quantidades relevantes de óxido de magnésio, potássio e alumínio e geralmente são utilizados em bulbos de televisores antigos, janelas, potes e garrafas.

Os borossilicatos são vidros sodo-cálcicos que possuem óxido de boro em sua constituição e então pode-se destacar o uso do boro para diminuir a viscosidade da sílica fundida e aumentar sua resistência perante altas temperaturas e choques térmicos (Teixeira; Araújo, 2022). Este vidro é conhecido como Pyrex e é utilizado em indústrias químicas, lâmpadas e utensílios culinários (Felisberto, 2006).

Os vidros que possuem óxido de chumbo (PbO) em sua composição são os chamados vidros de chumbo, estes vidros possuem um índice de refração maior, ou seja, têm um aumento no brilho (Teixeira; Araújo, 2022). Por possuir um brilho maior que os vidros comuns, este tipo de vidro é amplamente comercializado, bem como tem uma dureza menor, e dessa maneira tem alta densidade e baixa condutividade elétrica, além de aumentar o efeito de blindagem dos vidros quanto a presença de radiações energéticas, tal como os raios X. Em decorrência desta propriedade, são implementados no meio eletrônico como nos funis de bulbos de televisores a cores, termômetros, lâmpadas e selantes (Felisberto, 2006). A toxicidade destes vidros não é preocupante, tendo em vista que o elemento chumbo fica retido na estrutura do vidro (Felisberto, 2006). Entretanto, em alguns países, principalmente na Europa e América no Norte (como o Canadá) o seu uso vem sendo revisto e muitas vezes substituído a fim de favorecer questões ambientais.

Ainda de acordo com o explícito por Teixeira e Araújo (2022), os vidros de alumino-borosilicato são aqueles produzidos com a adição de alumina (Al_2O_3), isto é, um composto responsável pela formação da rede vítrea (um formador de rede) e por também ter uma estrutura tetraédrica (AlO_4), os vidros deste tipo não são deformados quando submetidos a altas temperaturas. Portanto, podem ser utilizados comumente na indústria farmacêutica, lâmpadas de halogênio-tungstênio, vitrocerâmicas, fibras de vidro e selantes (Felisberto, 2006).

A coloração dos vidros se dá, de maneira geral, por impurezas presentes em sua composição e habitualmente estas impurezas são formadas por metais, este processo de adição de metais é denominado como “dopagem” dos vidros, entretanto, pode-se considerar este processo com a adição de até 1% destes compostos, ao exceder essa quantidade considera-se parte da estrutura do vidro (Teixeira; Araújo, 2022).

A presença de alguns elementos (como íons de metais de transição e elementos do bloco f) dissolvidos nos vidros pode interferir na luz que o atravessa,

podendo fragmentar a radiação, conferindo a passagem de comprimentos de onda específicos e também interferindo na coloração do material (Felisberto, 2006).

Felisberto (2006) indica alguns colorantes dos vidros, ou seja, metais de transição que conferem cor aos vidros como o cromo, ferro, cobalto, manganês e selênio, conforme o Quadro 3.

Quadro 3 - Elementos empregados em vidros comerciais e a cor correspondente às diferentes valências.

Elemento	Valência	Cor	Valência	Cor
Cobalto	Co^{2+}	Azul escuro	Co^{3+}	Azul violeta
Níquel	Ni^{2+}	Amarelo amarronzado	Ni^{3+}	Marrom escuro
Cromo	Cr^{3+}	Verde	Cr^{6+}	Verde amarelado
Cobre	Cu^{+}	Incolor	Cu^{2+}	Azul
Ferro	Fe^{2+}	Verde azulado	Fe^{3+}	Verde amarelado
Manganês	Mn^{2+}	Amarelo claro	Mn^{3+}	Rosa violácea
Manganês	Mn^{4+}	Violeta	Mn^{6+}	Violeta
Selênio	Se	Rosa	Se^{2-}	Incolor
Selênio	Se^{4+}	Incolor	Se^{6+}	Incolor
Cádmio	Cd^{2+}	Marrom		
Neodímio	Nd^{2+}	Rosa violácea		
Enxofre	S^{2-}	Âmbar	S^{6+}	Incolor

Fonte: Adaptado de Felisberto (2006).

De acordo com os estudos de Scarpellini e Andreatta (2011), cada espécie química possui um estado de oxidação, que pode ser expresso pelo seu número de oxidação (NOX). Felisberto (2006) destaca que a valência, desempenha um papel crucial na coloração vítrea.

Ao modificar o número de oxidação dos íons metálicos presentes na composição do vidro, é possível alterar o comprimento de onda da luz que é absorvida

e refletida, o que, por sua vez, resulta na manifestação de diferentes cores, isto é, a cor que observamos é complementar àquela que é absorvida, por exemplo, o vidro de Fe^{2+} absorve luz na região do visível, mais especificamente na faixa de comprimento de onda referente à cor vermelha, e isso faz com que o vidro apresente coloração verde azulada. Isso pode ser observado na Figura 5.

Figura 5 - Cores Complementares.



Fonte: Adaptado de Aidar [s.d].

Desse modo, os aspectos teóricos que explicam as cores dos materiais vítreos são os diferentes números de oxidação (Nox), claro, as transições *d-d* dos metais de transição, o desdobramento do campo cristalino (10Dq) e as séries espectroquímicas (que são esmiuçadas na Teoria do Campo Cristalino).

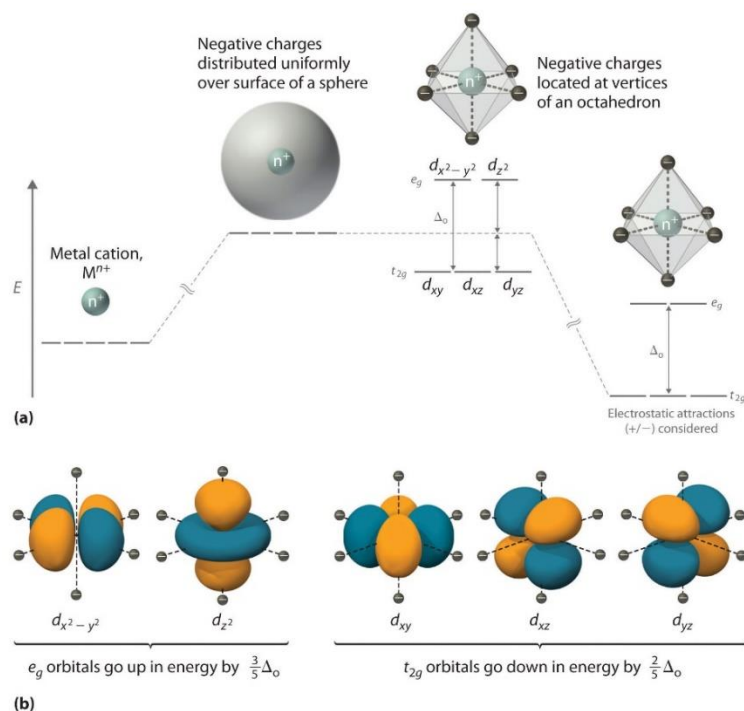
A Teoria do Campo Cristalino (TCC), foi formulada entre o final da década de 1920 e o início da década de 1930 pelos físicos Hans Bethe e John Hasbrouck Van Vleck. Essa teoria foi desenvolvida com o objetivo de explicar, a partir das interações eletrostáticas, a força existente entre metal e ligante, o comportamento de íons metálicos (de metais de transição) em cristais e posteriormente, complexos (Bethe, 1929; Van Vleck, 1932).

De acordo com a TCC, os cinco orbitais *d* de um átomo ou “íon metálico isolado” são degenerados, isto é, possuem a mesma energia. No entanto, quando ligantes (íons ou moléculas) se aproximam (de forma frontal) do íon metálico central, os campos elétricos gerados por eles interagem com os esses orbitais, rompendo essa

degenerescência, criando um “gap” de energia, e gerando dois conjuntos de orbitais: o t_{2g} , formado pelos orbitais d_{xy} , d_{yz} e d_{xz} (de menor energia) e o e_g pelos orbitais $d_{x^2-y^2}$ e d_{z^2} (de maior energia), como na Figura 6. Esse fenômeno é conhecido como desdobramento do campo cristalino octaédrico (Δ_0) ou tetraédrico (Δ_t) (Bethe, 1929; Van Vleck, 1932). A magnitude dessa separação depende de fatores como o NOX do íon metálico, a natureza dos ligantes, a geometria do complexo (octaédrico ou tetraédrico) e a posição do elemento na Tabela Periódica (o Período) (Cotton; Wilkinson, 1999).

Consequentemente, o desdobramento do campo cristalino octaédrico, está diretamente relacionado à magnitude $10Dq$, que representa a diferença de energia entre os orbitais d de maior e menor energia após a interação entre o íon metálico e o campo elétrico gerado pelos ligantes (Bethe, 1929; Van Vleck, 1932). Estas colorações muitas vezes se dão em compostos octaédricos, todavia, existem compostos tetraédricos que possuem outro comportamento. Em compostos octaédricos, a diferença de energia entre os conjuntos de orbitais t_{2g} e e_g é significativa, favorecendo assim, a absorção da radiação de maior energia, já os tetraédricos possuem esta diferença de energia menor e ocorre de forma invertida, o que leva à absorção de comprimentos de onda maiores.

Figura 6 – Mudança de energia dos orbitais d do íon metálico ao formar um campo cristalino octaédrico.



Fonte: Zumdahl e Decoste (2025)

É fundamental entender a relação entre o desdobramento do campo cristalino e as séries espectroquímicas a fim de esclarecer a variação da intensidade do campo gerado pelos ligantes em complexos metálicos. Essa série espectroquímica, identificada na Figura 7, foi desenvolvida a partir de estudos espectroscópicos realizados com diferentes complexos de metais de transição, permitindo ordenar os ligantes de acordo com a força do campo cristalino que exercem sobre o metal central, assim, expressa experimentalmente a capacidade de cada ligante de provocar maior ou menor separação de energia entre os orbitais d, representada pelo valor de $10Dq$ (Atkins, 2014).

Figura 7 - Série espectroquímica.

Série espectroquímica
 $I^- < Br^- < S^{2-} < SCN^- < Cl^- < N_3^- < F^- < \text{uréia} < OH^- < ox^- < O^{2-} < H_2O < NCS^- < py, NH_3 < en < bpy, phen < NO_2^- < CH_3^- < C_6H_5^- < CN^- < CO$

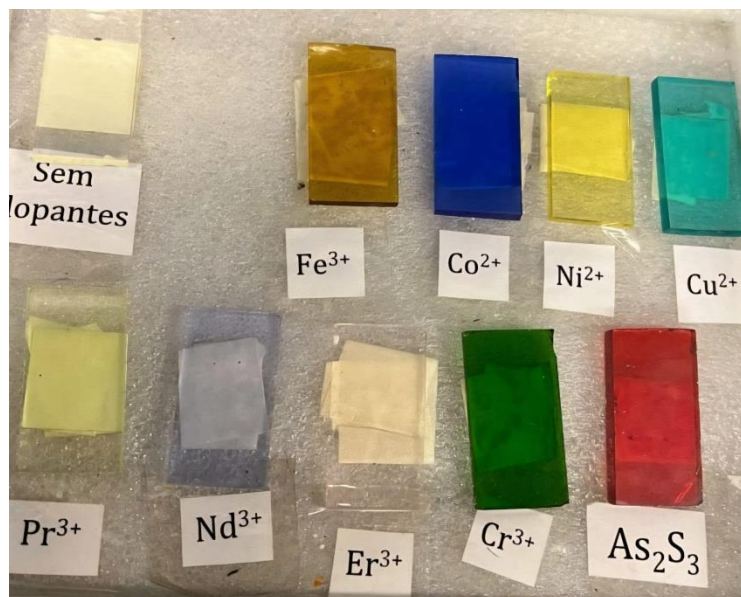
Fonte: Material didático da disciplina de Química Inorgânica.

Ao longo do curso de Licenciatura em Química do IQCAR-UNESP, uma aula prática sobre a síntese de vidros fosfatos contendo íons de metais de transição, destacou o procedimento de preparação destes materiais, bem como o estudo das suas propriedades ópticas. Neste sentido, a caracterização espectroscópica dos vidros de metais de transição via Espectroscopia de absorção na região do Ultravioleta-Visível (UV-Vis) permitiu a aquisição dos espectros eletrônicos dos materiais e a construção da chamada série espectroquímica dos íons metálicos, admitindo um mesmo “ligante” ao redor do íon metálico, ou seja, a própria matriz fosfática formada por ligações em ponte e terminais do tipo P-O-P e P-O⁻, respectivamente.

A série espectroquímica obtida a partir da realização da aula prática sobre a síntese de vidros fosfatos foi: $Mn^{2+} < Co^{2+} < Ni^{2+} < Cu^{2+} < Cr^{3+}$.

Finalmente, a Figura 9 exemplifica essa diversidade de cores em vidros contendo diferentes cátions de acordo com os diferentes óxidos de metais (metais de transição e lantanídeos). A imagem foi tirada no Instituto de Química de Araraquara e estas amostras são disponibilizadas para as aulas de Química Inorgânica (Prática) do curso de Licenciatura em Química.

Figura 8 - Coloração dos vidros e seus respectivos elementos.



Fonte: Disponível no Instituto de Química de Araraquara (Acervo do LAVie/IQCAr/Unesp).

A partir da Figura 8, é possível identificar a coloração amarelo/ marrom para vidros dopados com Fe^{3+} (Ferro), azul com a presença de Co^{2+} (Cobalto), amarelo para vidros dopados com Ni^{2+} (Níquel), azul turquesa para Cu^{2+} (Cobre), amarelo claro para Pr^{3+} (Praseodímio), além da coloração azul claro para vidros dopados com Nd^{3+} (Neodímio), os vidros levemente rosados são dopados com Er^{3+} (Érbio), os verdes com a presença de Cr^{3+} (Crômio) e os avermelhados na presença de As_2S_3 (sulfeto de arsênio (III)).

É válido salientar que a explicação para a coloração de vidros que possuem sulfeto de arsênio (III) em sua composição, por exemplo, difere da teoria da TCC. Sendo assim, a coloração observada para estes materiais ocorre por meio das transições f-f, d-d e pela absorção no visível.

1.5 Reciclagem de Materiais Vítreos

Associados à reciclagem de resíduos sólidos, os vidros devem ser separados por cor, estar livres de contaminantes e devem atender às exigências do mercado (Pereira *et al.*, 2005). A separação deve ocorrer para as seguintes cores: transparente, âmbar ou verde para assegurar a qualidade, consistência de cor e remover as contaminações das novas embalagens que serão produzidas (Pereira *et al.*, 2005).

Com o crescente acúmulo de resíduos sólidos em aterros sanitários, juntamente à finitude dos recursos naturais, emerge a necessidade de práticas sustentáveis, como a reciclagem. No Brasil, a produção diária de resíduos em 2022 era de 224 mil toneladas, correspondente a uma produção estimada de 1043 kg de resíduo per capita referente a 81,8 milhões de toneladas ao longo do ano (ABRELPE, 2022).

Em conformidade com o Sistema Nacional de Informações sobre Gestão dos Resíduos Sólidos, a massa total coletada de resíduos sólidos urbanos é de 57.333.328,10 toneladas em 2021, desta massa, 22.462.747,9 toneladas são destinadas a aterros sanitários na macrorregião sudeste. Sucessivamente, a massa total recuperada a partir das coletas seletivas é de 4.903.825 toneladas anuais e deste material seco recuperado, 11% é referente aos vidros, ou seja, 77.517,6 toneladas (SINIR, 2021).

Mediante à apreensão associada à consciência ambiental, surgiu em 2010 a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), instituída pela Lei 12.305, sucedendo diretrizes a fim de confrontar os impactos ambientais causados por práticas inadequadas do descarte de resíduos sólidos (Brasil, 2010).

Outrossim, em congruência com a Associação Brasileira das Indústrias de Vidro Abividro (2018), a cada 1 kg de vidro reciclado, produz-se 1 kg de vidro novo, diminuindo assim a emissão de gás carbônico (CO₂) proveniente da extração de matéria-prima, em 100.000 toneladas e economizando cerca de 40% de energia. O índice de reciclagem no Brasil relativo ao ano de 2019, conforme a ABREMA (2024) foi de 11% do total de vidro produzido, resultando então em uma defasagem do processo e um acúmulo de resíduos sólidos em espaços destinados ao descarte, como os aterros sanitários.

Não obstante é imprescindível citar, em consonância com o Panorama de Resíduos Sólidos no Brasil de 2024, a Logística Reversa de Embalagens de Vidro que foi regulamentada em dezembro de 2022, ou seja, é um sistema que torna possível o retorno de embalagens para a produção contribuindo assim para o aumento da reciclagem do vidro no Brasil e em decorrência disto, a redução do descarte inadequado no meio ambiente (Brasil, 2022).

Segundo a Lei Federal 12.305 (PNRS) os resíduos sólidos podem ser classificados com fundamento em suas origens, por exemplo resíduos domiciliares que são gerados em residências, resíduos de limpeza urbana originados por varrição,

resíduos sólidos urbanos que agregam os domiciliares e os de limpeza, resíduos de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços, resíduos de serviços públicos de saneamento básico, resíduos industriais gerados no processo produtivo, resíduos de serviços de saúde, resíduos de construção civil, resíduos de agrossilvopastoris originários nas atividades agropecuárias e silviculturais, resíduos de serviços de transporte e resíduos de mineração (Brasil, 2010).

Em um contexto de crescente preocupação com a sustentabilidade, a reciclagem de vidros se apresenta como uma prática essencial para a construção de uma sociedade mais consciente e responsável. Norteando a ideia, Alves (2001) enfatiza que os vidros constituem aproximadamente 2% do total de lixo doméstico gerado pela cidade de São Paulo, ou seja, o equivalente a 7.000 toneladas por mês de vidro. Destarte, um estudo realizado em 1999, mostra que a cada 100 potes de vidro fabricados no Brasil, 38 eram produzidos a partir de vidro reciclado (Alves, Gimenez; Mazali, 2001).

Por fim, é importante ressaltar os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) que por definição, são “um apelo global à ação para acabar com a pobreza, proteger o meio ambiente e o clima e garantir que as pessoas, em todos os lugares, possam desfrutar de paz e de prosperidade” até o ano de 2030 (Nações Unidas, [s.d.]). Os ODS que podem estar relacionados ao tema deste trabalho são os:

O ODS 12 - Consumo e produção sustentáveis, mais especificamente os “12.1 Implementar o Plano Decenal de Programas sobre Produção e Consumo Sustentáveis, com todos os países tomando medidas, e os países desenvolvidos assumindo a liderança, tendo em conta o desenvolvimento e as capacidades dos países em desenvolvimento”, “12.2 - Até 2030, alcançar a gestão sustentável e o uso eficiente dos recursos naturais” e “12.4 - Até 2020, alcançar o manejo ambientalmente saudável dos produtos químicos e todos os resíduos, ao longo de todo o ciclo de vida destes, de acordo com os marcos internacionais acordados, e reduzir significativamente a liberação destes para o ar, água e solo, para minimizar seus impactos negativos sobre a saúde humana e o meio ambiente”.

Bem como o ODS 13 - Ação contra a mudança global do clima, em específico “Melhorar a educação, aumentar a conscientização e a capacidade humana e institucional sobre mitigação, adaptação, redução de impacto e alerta precoce da mudança do clima”.

Além do ODS 15 - Vida terrestre, salientando os “15.5 - Tomar medidas urgentes e significativas para reduzir a degradação de habitat naturais, deter a perda de biodiversidade e, até 2020, proteger e evitar a extinção de espécies ameaçadas” e “15.6 - Garantir uma repartição justa e equitativa dos benefícios derivados da utilização dos recursos genéticos e promover o acesso adequado aos recursos genéticos”.

Em função do que foi demonstrado, torna-se de suma importância a inserção do conhecimento científico relativo aos materiais vítreos e às suas potencialidades de reciclagem no contexto educacional, com vistas à promoção da conscientização ambiental por meio do processo de ensino e aprendizagem.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Este trabalho de conclusão de curso teve por objetivo geral criar uma Unidade Didática Multiestratégica coerente e fundamentada, por meio da abordagem metodológica dos Três Momentos Pedagógicos, sobre o tema “vidros e reciclagem de vidros”, para alunos do Ensino Médio.

2.2 Objetivos Específicos

Para que fosse possível alcançar o objetivo geral deste trabalho de conclusão de curso foram propostos os seguintes objetivos específicos:

- Explorar os princípios químicos envolvidos na composição e reciclagem de diferentes tipos de vidros;
- Identificar quais conceitos químicos são necessários para o ensino sobre vidros e reciclagem de vidros e suas variadas composições químicas;
- Se apropriar dos fundamentos teóricos da abordagem metodológica dos Três Momentos Pedagógicos;
- Propor estratégias didáticas e de avaliação que estejam coerentes aos objetivos de aprendizagem contidos na UDM.

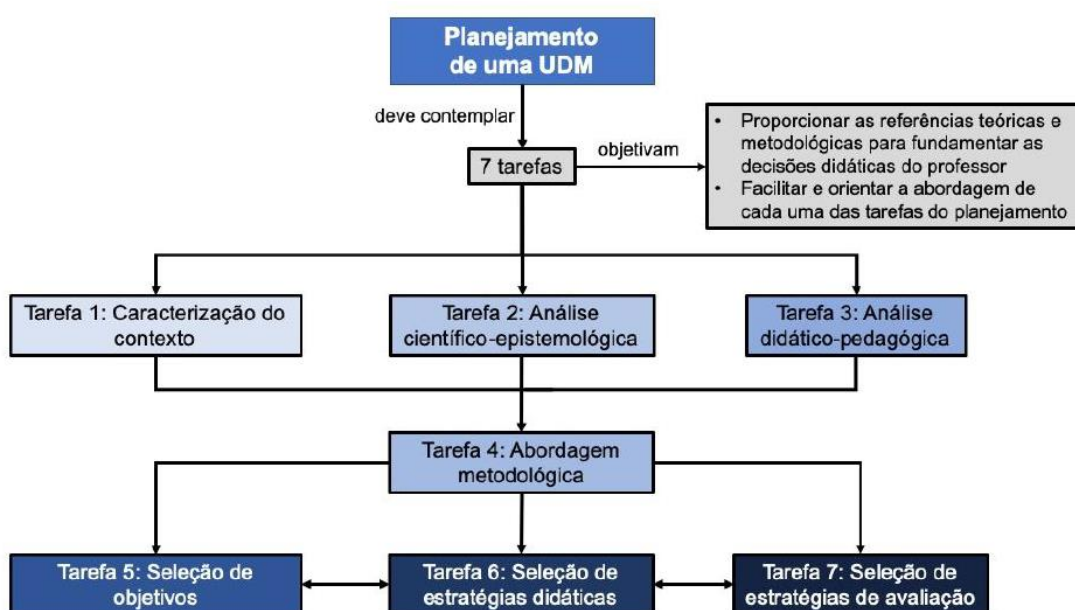
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A Unidade Didática Multiestratégica (UDM) é um modelo que envolve uma ação reflexiva, interativa e contínua rodeada de avaliações e revisões ao longo do processo que é estruturado de maneira crítica, coerente, fundamentada, teórica e metodologicamente (Bego, 2016). O percurso de implementação de uma UDM se divide em três etapas, as quais são o planejamento, a intervenção didático-pedagógica e o replanejamento.

3.1 Etapa 1: O Planejamento de uma UDM

Para Bego (2016) o planejamento de uma UDM bem fundamentada exige a realização de sete tarefas principais, sendo elas: Tarefa 1 – Caracterização do Contexto da Intervenção Didático-Pedagógica; Tarefa 2 – Análise Científico-Epistemológica; Tarefa 3 – Análise Didático-Pedagógica; Tarefa 4 – Escolha e Caracterização da Abordagem Metodológica; Tarefa 5 – Seleção de Objetivos; Tarefa 6 – Seleção de Estratégias Didáticas e Tarefa 7 – Seleção das Estratégias de Avaliação, como destacado na figura abaixo.

Figura 9 - Sistematização do planejamento de uma UDM.



Fonte: Ferrari (2025).

A primeira tarefa é imprescindível porque é a partir dela que o contexto escolar é observado minuciosamente, sucedendo de tópicos como caracterização da unidade

escolar, disciplina, série e caracterização dos estudantes, a fim de investigar as necessidades culturais de cada instituição e de cada estudante (Bego, 2016). Dessa forma, para Sgarbosa e Bego (2016) o trabalho escolar apresenta diferentes dimensões que estruturam e condicionam o desenvolvimento e a primeira dimensão aborda condições de infraestrutura, financeiras e materiais de uma instituição de ensino.

Por ser uma das primeiras publicações acerca da UDM, Sgarbosa e Bego (2016) a apresentam a partir de quadros que explicitam cada informação que deve estar contida em cada uma das sete tarefas da UDM. Os autores chamam esses quadros de máscaras. No entanto, existem versões mais atualizadas desses modelos, que para este trabalho serão retirados da tese de Ferrari (2025).

Dessa forma, o Quadro 4 mostra a máscara usada para a primeira tarefa da UDM. As primeiras informações como o nome da unidade escolar, assim como seu endereço, telefone e site (se houver), são informações de teor mais burocrático, porém é a partir delas que pode-se saber a qual unidade escolar a UDM está sendo planejada. Na sequência, a próxima seção do modelo deve levar o professor a refletir sobre a infraestrutura da escola como materiais, salas, recursos humanos e afins, além de deliberar a cultura escolar da unidade as relações pessoais, como se caracteriza o ambiente escolar e as relações humanas entre escola, gestão, professores, alunos e família, entre outros.

Quadro 4 - Máscara da Tarefa 1 da UDM: o contexto da intervenção didático-pedagógica.

CONTEXTO DA INTERVENÇÃO DIDÁTICO-PEDAGÓGICA	
Nome da unidade escolar	Nome da escola em que será aplicada a UDM
Endereço completo	Endereço da escola em que será aplicada a UDM
Site e e-mail	Site (caso tenha) e e-mail da escola em que será aplicada a UDM
Qual é e como é nossa escola?	Neste espaço você deve apresentar alguns aspectos de caracterização da escola em que você irá aplicar a UDM: - aspectos organizacionais: infraestrutura (salas, equipamentos, recursos humanos etc.); níveis e as modalidades de ensino; quais e como funcionam os horários da escola; - aspectos da cultura escolar: quais são os princípios e normas gerais da unidade escolar; como você classifica os entornos e a comunidade na qual a escola está inserida; como costuma ser os ritos formais de avaliação; clima da escolar (convivência, relações interpessoais, relação entre família e escola, gestão e participação etc.).
Disciplina	Nome da disciplina em que a UDM será aplicada
Ano/turma(s)	Qual o ano e a(s) turma(s) em que a UDM será aplicada

Docente responsável	Nome do/a professor/a responsável pela disciplina
Número de estudantes	Colocar o número de estudantes do ano/turma(s) em que será aplicada a UDM
Quem são e quais são as características dos/as estudantes que dou aula?	Neste espaço você deve apresentar alguns aspectos em relação ao corpo discente: - aspectos socioeconômicos: faixa de renda familiar; ocupação da família; nível de escolaridade dos pais e mães; acesso a bens e serviços; - aspectos socioculturais: quais são as origens socioculturais de seus estudantes; descreva a respeito dos gostos e anseios do corpo discente; relação do corpo discente com a educação formal (escola); - convivência e relações interpessoais: como você classifica sua relação com o corpo discente; como que ocorre as relações interpessoais entre os discentes; como se dá o disciplinamento em sala de aula.

Fonte: Ferrari, 2025, p. 101.

Na sequência, algumas outras informações devem ser preenchidas como a disciplina para a qual a UDM está sendo planejada, para qual ano e turma, o nome do professor(a) responsável e a quantidade de estudantes. Por fim, a última linha do Quadro 4 pede para que o professor colete dados e reflita acerca de características do corpo discente, como aspectos socioeconômicos, socioculturais e de convivência e relações interpessoais. Todas essas informações irão auxiliar o docente a pensar o seu planejamento de uma forma mais responsável e focada para os alunos, dentro da realidade daquela unidade escolar. Por fim é importante salientar que a versão presente em Sgarbosa e Bego (2016) não possuía as orientações em vermelho presentes no Quadro 4, que auxiliam o docente dando-lhe suporte. Essa contribuição é mais recente, tendo sido proposta na tese de Ferrari (2025).

Na segunda tarefa faz-se necessário estruturar os conteúdos de ensino a fim de que o docente esteja sempre atualizado acerca do conteúdo que ele leciona. De acordo com Bego (2016), na Tarefa 2 da UDM o professor deve: i) definir o conteúdo programático; ii) apresentar os pré-requisitos fundamentais para o desenvolvimento do tema; iii) investigar os currículos oficiais vigentes; iv) apresentar os conteúdos mediante aspectos teórico, fenomenológico e representacional; v) indicar o perfil conceitual (se houver) ou o desenvolvimento histórico do conceito principal; e vi) elaborar um mapa conceitual que contenha os conceitos mais importantes e suas relações. O Quadro 5 demonstra a máscara da segunda tarefa da UDM e como ela é subdividida, segundo Ferrari (2025).

Quadro 5 - Máscara da Tarefa 2 da UDM: Análise Científico-Epistemológica.

ANÁLISE CIENTÍFICO-EPISTEMOLÓGICA	
Conteúdo programático da UDM	Elencar o(s) tópico(s) curricular(es) [conteúdo(s) científico(s)] que será(ão) abordado(s) na UDM, consultando as orientações curriculares da escola
Pré-requisitos para a UDM	Elencar quais são os conteúdos previamente necessários (imediatamente anteriores) para que o corpo discente consiga começar a estudar o(s) conteúdo(s) programático(s) previsto(s) para esta UDM
Orientações curriculares oficiais sobre o tema	Descrever quais são as diretrizes do Currículo Paulista para a abordagem do(s) conteúdo(s) programático(s) a ser(em) ensinado(s) nesta UDM
Conteúdos conceituais - Identificação dos fatos e/ou fenômenos de interesse (aspecto fenomenológico) - Interpretação dos fatos ou fenômenos de interesse (aspectos teórico e simbólico)	Realizar uma ampla atualização científica sobre o(s) conteúdo(s) programático(s) abordado(s) nesta UDM. Não se trata de mera cópia de livros didáticos e/ou paradidáticos, mas o aprofundamento crítico e reflexivo sobre o(s) conteúdo(s) científico(s), envolvendo as especificidades deste conhecimento. Por exemplo, para se ensinar um determinado conteúdo de ciências, o(a) professor(a) deve possuir amplo conhecimento deste conteúdo, envolvendo e transitando entre três aspectos do conhecimento: fenomenológico (nível macroscópico ou da observação), teórico (nível microscópico ou do modelo científico) e representacional (nível simbólico e da linguagem)
Perfil conceitual ou desenvolvimento histórico do conceito principal da UDM	Para ter um adequado conhecimento dos conceitos químicos, o(a) professor(a) precisa entender como eles são produzidos pela comunidade científica e como funciona o seu processo de validação. Para tanto, pode recorrer a dois caminhos: - buscar na literatura acadêmico-científica e abordar sobre o perfil conceitual do conceito principal a ser ensinado nesta UDM. A teoria dos perfis conceituais foi introduzida na literatura de pesquisa em educação em ciências por Eduardo Mortimer há mais de vinte anos (MORTIMER, 1995; 1996). Perfis conceituais consideram que um mesmo conceito pode apresentar diferentes significados baseados em doutrinas filosóficas e momentos históricos distintos. Dessa maneira, é possível compreender quando e como as diferentes conceituações são aceitáveis para se explicar um determinado fenômeno científico; - caso não encontre o perfil conceitual do conceito principal, buscar em livros didáticos e/ou paradidáticos e/ou na literatura acadêmico-científica e descrever sobre o seu desenvolvimento histórico.
Esquema conceitual científico sobre o conteúdo conceitual da UDM (mapa conceitual)	Estruturar o(s) conceito(s) científico(s) de forma concreta. Ainda que existam diferentes técnicas para representar esquemas conceituais (mapas mentais, diagramas de fluxo, redes de conceitos, dentre outras), uma ferramenta muito útil para isso, tradicionalmente desenvolvida e utilizada na área de Ensino de Ciências, são os mapas conceituais. Moreira (2006, p. 10) os definem como “[...] diagramas bidimensionais que procuram mostrar relações hierárquicas entre conceitos de um corpo de conhecimentos e que derivam sua existência da própria estrutura conceitual desse corpo de conhecimento”. Sugerimos a utilização do software CmapTools (https://cmap.ihmc.us/) para a elaboração dos mapas. Você não deve aproveitar mapas conceituais já prontos, pois cada mapa é único e revela a maneira como o(a) elaborador estabelece a conexão entre diferentes conceitos.

Referências (de acordo com ABNT NBR 6023)	Colocar as referências utilizadas para consulta posterior, caso necessário.
--	---

Fonte: Ferrari, 2025, p. 101-102.

Nesse sentido, o modelo mostra que é necessário elencar o conteúdo programático que será abordado na UDM em forma de tópicos e evidenciar os pré-requisitos que espera-se que os alunos tenham para conseguir compreender o tema das sequências didáticas que serão ministradas. Em seguida, é necessário que o docente recorra aos órgãos oficiais como o Currículo Paulista ou a BNCC para orientar-se curricularmente mediante os conteúdos programáticos.

Necessariamente, após a coletânea das orientações curriculares oficiais, é indispensável que o professor se atualize sobre os conteúdos disciplinares de maneira que abranja os aspectos fenomenológico, teórico e simbólico. Segundo Mortimer, Machado e Romanelli (1999), o aspecto teórico é definido pelos conceitos que permitem a compreensão dos fenômenos, o aspecto fenomenológico diz respeito aos fenômenos de interesse sejam eles visíveis ou passíveis de serem medidos com equipamentos e por fim o aspecto representacional ou simbólico que inclui informações referentes à linguagem da química como fórmulas e equações, modelos e gráficos.

Na linha seguinte, deve ser elencado o perfil conceitual do conteúdo central que será trabalhado durante a UDM e caso o perfil conceitual não seja encontrado, pode-se fazer um apanhado histórico do conceito. Essa seção é importante pois o docente deve compreender como a Ciência avançou na compreensão daquele tema, no âmbito de produção e validação dos conceitos científicos.

Ressalta-se que o perfil conceitual é uma proposta do Professor Dr. Eduardo Mortimer, professor aposentado da UFMG. O perfil conceitual é dependente do contexto presente, do conceito a ser ensinado e também é limitado para cada indivíduo (Mortimer, 1995). Desse modo, a ideia do perfil conceitual é categorizar as diferentes compreensões que as pessoas podem ter de um mesmo conceito científico que estão relacionadas a diferentes formas de conhecimento e ao perfil epistemológico. Mortimer (1995) difere perfil epistemológico de perfil conceitual, porque introduziu características distintas da filosofia de Bachelard e para ele, estes perfis também têm algumas semelhanças como a hierarquia entre as diferentes zonas do perfil conceitual.

Apesar de cada pessoa possuir seu perfil conceitual em relação a um conceito, as zonas que constituem esse perfil são as mesmas em um dado contexto sociocultural, porque elas são maneiras de pensar formadas por intermédio das interações sociais (Nicolli; Mortimer, 2012).

Dando continuidade às definições sobre as tarefas, a terceira tarefa da UDM sucede da análise didático-pedagógica, que segundo Sgarbosa e Bego (2016) está dividida em duas partes. A primeira parte remete ao conhecimento prévio dos estudantes e a segunda parte remete às exigências cognitivas dos conteúdos a serem ministrados. Nesta tarefa o professor deve levantar as concepções alternativas dos alunos, delimitar os obstáculos epistemológicos sobre o tema e explicitar as implicações para o ensino.

É de suma importância que o docente reconheça as concepções prévias dos alunos a fim de reconhecer os seus erros e utilizá-los para benefício do processo de ensino e aprendizagem (Sgarbosa; Bego, 2016). O Quadro 6 apresenta a máscara da Tarefa 3 da UDM.

Quadro 6 - Máscara da Tarefa 3 da UDM: Análise Didático-Pedagógica.

ANÁLISE DIDÁTICO-PEDAGÓGICA	
Concepções alternativas de estudantes sobre os conteúdos da UDM	Buscar na literatura acadêmico-científica e abordar sobre as concepções alternativas para a aprendizagem do conteúdo programático definido na sua UDM. As concepções alternativas são ideias prévias adquiridas pelas pessoas em suas experiências diárias e utilizadas para a interpretação do mundo, as quais divergem dos conceitos aceitos pela comunidade científica, podendo se revelar muito resistentes a mudanças e, conseqüentemente, influenciar novas aprendizagens (TEIXEIRA, 2011).
Obstáculos epistemológicos particulares relacionados aos conteúdos da UDM Obstáculo da experiência primeira Obstáculo verbal Obstáculo substancialista Obstáculo realista Obstáculo animista	Buscar na literatura acadêmico-científica e abordar os obstáculos epistemológicos para a aprendizagem do conteúdo programático definido em sua UDM. Obstáculos epistemológicos são barreiras estabelecidas a partir do conhecimento comum, antes e acima da crítica, as quais conduzem a erros para o progresso das ciências (COSTA, 1998).
Implicações para o ensino dos conteúdos de ensino da UDM Aspectos a evitar e a reforçar	Relacionado às concepções alternativas e aos obstáculos epistemológicos, apresentar os aspectos mais importantes a serem evitados e enfatizados durante o processo de planejamento e de intervenção didática em sala de aula.
Referências (de acordo com ABNT NBR 6023)	Colocar as referências utilizadas para consulta posterior, caso necessário.

Fonte: Ferrari, 2025, p. 103-104.

Nesta tarefa, a primeira linha recorre às concepções alternativas, ou seja, os conceitos e ideias previamente fundamentadas pelos discentes no que se diz respeito aos conteúdos científicos referentes à UDM, consecutivamente, o docente deve apropriar-se dos cinco obstáculos epistemológicos, sendo eles o obstáculo da experiência primeira, obstáculo verbal, obstáculo substancialista, obstáculo realista e finalmente, o obstáculo animista.

Em termos das concepções alternativas, elas são ideias, percepções ou mesmo interpretações que os discentes têm ou criam para a compreensão de fenômenos. Giordan (1995) afirma que “uma experiência imune a falhas mimetiza a adesão do pensamento do sujeito sensibilizado ao que supõe ser a causa explicativa do fenômeno, em lugar de promover uma reflexão racionalizada”, no mais, como exemplo pode-se citar uma concepção alternativa muito comum no meio escolar referente à termodinâmica, isto é, quando os alunos assimilam o “casaco que esquenta” aumento de temperatura deste, no entanto, não o assimilam a sua realidade que é, de fato, um isolante térmico. Nesse ínterim, é imprescindível salientar que um erro pode acarretar o inesperado, baseando-se na previsibilidade, levando à possíveis desequilíbrios afetivos referentes ao novo (Giordan, 1995).

Os obstáculos epistemológicos foram primeiramente propostos por Bachelard como o conhecimento comum e em como este pode conduzir à erros que deverão ser considerados. No entanto, a Professora Dra. Alice Lopes adaptou a ideia bachelardiana para o campo do Ensino de Ciências. Um dos obstáculos para a cultura científica é denominado de obstáculo da experiência primeira, segundo Costa (1998), ou seja, sucede da admiração pelas imagens com a satisfação imediata, à título de exemplificação, os discentes observam que os vidros são transparentes e, pela experiência imediata, podem concluir que vidros não possuem estrutura interna já que a luz o atravessa, em contrapartida, vidros são sólidos não cristalinos formados por uma rede de átomos não organizada.

O segundo obstáculo é o verbal, que ocorre quando a compreensão do conhecimento científico é confundida pelo uso de um termo que se assemelha a um termo comum, como por exemplo o uso da palavra “nobre” para gases nobres pode levar o aluno a entender o termo como um termo do cotidiano, que significa uma pessoa de uma classe social mais abastada (Costa, 1998). Muitas vezes quando se

utiliza de metáfora para realizar uma explicação sobre um fenômeno, pode-se desenvolver obstáculos para a assimilação do conhecimento científico que são ocasionados verbalmente.

O obstáculo substancialista, segundo Costa (1998), atribui às substâncias caracterizações diversas e assim, é preciso que estas caracterizações ou qualidades estejam contidas nas substâncias. Um exemplo é a compreensão que os alunos têm de que o ouro é dourado, mas isso só é possível por conta do estado de agregação do mesmo (estado sólido). Se o ouro estiver em outra forma, como por exemplo, nanoparticulado, ele pode perder a característica dourada e adquirir outra cor.

O obstáculo é caracterizado pela crença na existência de uma verdade absoluta no real imediato, em que a experiência cotidiana e a observação direta são consideradas suficientes para a compreensão dos fenômenos. Como descrito por Vasconcelos (2013):

Esse obstáculo trata apenas do concreto e impede que o conceito seja ultrapassado, não se preocupa com a abstração, apenas apresenta imagens e analogias para descrever o real. (Vasconcelos, 2013, p. 16)

Pode-se então entender que o obstáculo realista ocorre quando compreende-se o conhecimento somente como a realidade que é observada, como por exemplo ao observar objetos de vidros e os assimilarem com cristais por semelhança visual, todavia, vidros são definidos como materiais não cristalinos.

O obstáculo animista ocorre quando se dá “vida” ou característica humanas às substâncias e conceitos científicos que serão estudados. Segundo Costa (1998):

Em certo estágio do desenvolvimento pré-científico, os fenômenos biológicos servem de meio de explicação para os fenômenos físicos, e a vida até mesmo chega a ser atribuída aos minerais. A vida anima as substâncias com um valor indiscutível. Quando a substância deixa de ser animada, perde seu encanto. (Costa, 1998, p. 161)

Por fim, na penúltima linha do Quadro 6 se faz preciso esmiuçar os aspectos que deverão ser reforçados e os que serão evitados durante as aulas, isto é, após compreender os obstáculos e concepções prévias que levam às assimilações errôneas feitas pelos alunos.

Em seguida, a Tarefa 4 envolve a escolha da abordagem metodológica pelo professor. Cada abordagem metodológica possui uma concepção do que é ciência e de como ela funciona, de ensino aprendizagem, do papel da escola na sociedade, da

relação professor-aluno entre outras. Bego (2016) afirma que é preciso seguir alguns passos para a realização desta tarefa, os quais, podem ser elencados: 1 - apresentar os princípios psicopedagógicos da abordagem escolhida; 2 - delimitar os papéis do professor e dos alunos; 3 - descrever a concepção de ciência e suas implicações para o ensino. A próxima máscara da UDM será representada pelo Quadro 7.

Quadro 7 - Máscara da Tarefa 4 da UDM: Abordagem Metodológica.

ABORDAGEM METODOLÓGICA	
Princípios teórico-metodológicos da abordagem escolhida (teoria psicológica, teoria pedagógica, visão de ciência, função do sistema educacional e forma de organização e condução do ensino - funções que professor e aluno desempenham no processo de ensino e aprendizagem)	Discorrer sobre os princípios e sobre as características da metodologia de ensino escolhida. - objetivos e função da educação escolar; - objetivos e função do ensino da disciplina (química ou biologia ou física) na educação básica; - como é entendido o processo de aprendizagem do corpo discente; - como é entendida especificamente a aprendizagem dos conteúdos científicos pelo corpo discente; - como é definido o papel do(a) docente e do corpo discente; - como se sugere a organização e condução (sequência, etapas...) do processo de ensino e aprendizagem; - qual a visão de ciência assumida pela proposta; - como a proposta aborda a relação entre a ciência e sociedade.
Referências (de acordo com ABNT NBR 6023)	Colocar as referências utilizadas para consulta posterior, caso necessário.

Fonte: Ferrari, 2025, p. 105.

Sucessivamente, Sgarbosa e Bego (2016) deixam evidente que esta tarefa está diretamente relacionada ao que o docente compreende sobre o que é o processo de ensino e aprendizagem e também sobre como ele concebe a Natureza da Ciência, e então a definição dos princípios teórico-metodológicos são responsáveis por dar unicidade à UDM.

A Tarefa 5 refere-se à seleção dos objetivos, que são indispensáveis para estabelecer o que se espera que os alunos aprendam e fornecer referências para o processo avaliativo que será realizado posteriormente. A máscara da Tarefa 5 está apresentada no Quadro 8.

Quadro 8 - Máscara da Tarefa 5 da UDM: Seleção de Objetivos e Estratégias de Avaliação.

TÍTULO, OBJETIVOS DE APRENDIZAGEM E SEQUÊNCIAS DIDÁTICAS			
Título da UDM	Recomenda-se a elaboração de um título criativo e bastante atrativo envolvendo o conteúdo programático a ser desenvolvido ao longo da UDM		
Objetivos previstos em Orientações Curriculares Oficiais	Descrever os objetivos estabelecidos nos documentos oficiais (BNCC e Currículo Paulista) para o conteúdo programático da UDM		
Objetivo de aprendizagem da UDM	Ao final desta UDM os alunos devem ser capazes de... Definir o objetivo geral da UDM. Lembre-se que este objetivo deve estar relacionado e ser coerente com os objetivos específicos. Obs.: para o desenvolvimento dos objetivos de aprendizagem, utilizar a <u>taxonomia de Bloom revisada</u>		
Título das SD*	Objetivo de aprendizagem das SD	Conteúdo Programático das SD	Tempo Aproximado (em aulas)
1. Recomenda-se a elaboração de títulos criativos e atrativos para cada uma das sequências didáticas (SDs). O número de SDs dependerá da quantidade de objetivos específicos definidos	Definir o objetivo específico de cada SD. Ao final desta SD os alunos devem ser capazes de...	- Descrever quais os conteúdos que serão abordados ao longo desta SD. - Lembre-se que este conteúdo deve ter relação com o conteúdo programático da UDM definido na Tarefa 2.	
2.	Ao final desta SD os alunos devem ser capazes de...	•	
3.	Ao final desta SD os alunos devem ser capazes de...	•	
4.	Ao final desta SD os alunos devem ser capazes de...	•	
5.	Ao final desta SD os alunos devem ser capazes de...	•	

* Preencher apenas com o número de SD que julgar necessárias (pode deixar linhas não utilizadas em branco).

Fonte: Ferrari, 2025, p. 106.

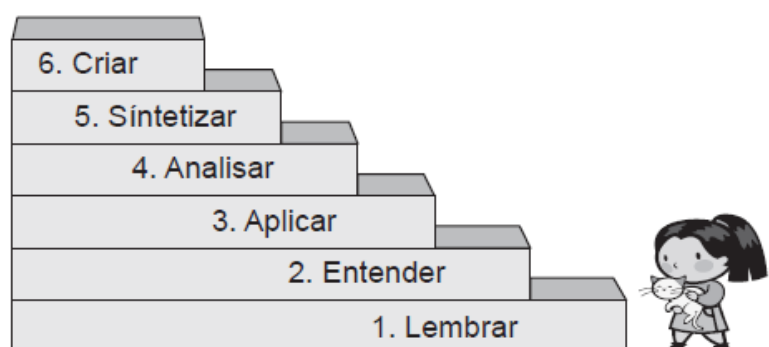
Como mostrado no Quadro 8, esta tarefa inicia-se dando-se um nome para a UDM em questão, que deve ser um nome chamativo e criativo. Posteriormente, devem-se ser lembrados os objetivos do conteúdo a ser ministrado segundo as orientações curriculares oficiais vigentes (Sgarbosa; Bego, 2016).

Na sequência, deve ser proposto um objetivo para a UDM como um todo, compreendido com objetivo geral e por fim a UDM deve ser dividida em sequências didáticas (SDs), cada qual com um título chamativo e criativo, com um objetivo específico e conteúdos programáticos e quantidade de aulas determinada. São

necessárias pelo menos duas SDs com ao menos duas aulas cada, para que o planejamento possa ser considerado mais coerente.

Segundo a descrição presente no Quadro 8, é perceptível que os objetivos tanto geral como específicos devem estar escritos seguindo a Taxonomia de Bloom revisada. Para melhor compreender o que isso significa, Ferrarini (2020) enfatiza que os objetivos devem ser escritos em uma ordem hierárquica de níveis de complexidade para o domínio cognitivo, partindo dos objetivos mais simples para os mais complexos. Belhot e Ferraz (2010) elencam 6 categorias de domínio cognitivo para esta organização, que em ordem crescente são: conhecimento, compreensão, aplicação, análise, síntese e avaliação.

Figura 10 - Categorização atual da Taxonomia de Bloom proposta por Anderson, Krathwohl e Airasian, no ano de 2001.



Fonte: Ferraz e Belhot, 2010.

Para a escrita correta de um objetivo específico fundamentado na Taxonomia de Bloom revisada deve-se conter um verbo no infinitivo, ou seja, aqueles que implicam uma ordem e que são referentes ao nível cognitivo e um verbo no gerúndio que indicam que uma ação está acontecendo e se relacionam ao modo que será atingido o objetivo (Ferraz; Belhot, 2010). Existe uma estrutura que relaciona os verbos no infinitivo com os verbos no gerúndio de acordo com a Taxonomia de Bloom revisada, que foi elaborada por Ferraz e Belhot (2010) e que é apresentada no Quadro 9.

Quadro 9 - Estrutura do processo cognitivo na taxonomia de Bloom – revisada

Verbo no Infinitivo	Relação com o domínio cognitivo e os Verbos no Gerúndio
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: <i>Reconhecendo e Reproduzindo</i> .
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: <i>Interpretando, Exemplificando, Classificando, Resumindo, Inferindo, Comparando e Explicando</i> .
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: <i>Executando e Implementando</i> .
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: <i>Diferenciando, Organizando, Atribuindo e Concluindo</i> .
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: <i>Checando e Criticando</i> .
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: <i>Generalizando, Planejando e Produzindo</i> .

Fonte: Adaptado de Ferraz e Belhot (2010).

Ademais, mediante o exposto por Ferraz e Belhot (2010) a taxonomia possibilitou a padronização da linguagem no meio acadêmico, servindo como base para a determinação de objetivos e currículos de alguns cursos e definiu um panorama para outras oportunidades educacionais como currículos, objetivos e cursos.

A realização das duas últimas tarefas, a Tarefa 6 e 7, da seleção das estratégias didáticas e da seleção das estratégias de avaliação são os passos finais para a conclusão da árdua tarefa de planejar uma UDM completa. O modelo para essas duas últimas tarefas é apresentado na forma de uma única máscara, apresentada no Quadro 10.

Quadro 10 - Máscara das Tarefas 6 e 7 da UDM: Seleção das Estratégias Didáticas e de Avaliação.

SELEÇÃO DAS ESTRATÉGIAS DIDÁTICAS E DAS ESTRATÉGIAS DE AVALIAÇÃO					
Título da SD1	Copiar o título estabelecido na tarefa anterior para a SD1.				
Objetivo de aprendizagem da SD	Copiar o objetivo de aprendizagem definido para a SD1.				
Estratégia de Avaliação	Recomenda-se que a escolha da estratégia de avaliação seja coerente com a metodologia de ensino escolhida e seja pautada nos princípios da equidade educacional. Uma avaliação pode ter caráter diagnóstico, formativo ou somativo. Definir os possíveis critérios de pontuação, conceitos e/ou notas. É importante que, a partir da estratégia de avaliação escolhida para a SD, os instrumentos escolhidos sejam adequados e coerentes.				
Dia/Aula*	Estratégia Didática	Conteúdos programáticos de ensino	Gestão do tempo e do espaço (Tempo / Descrição das Atividades / Organização da Sala de Aula)	Recursos Didáticos	Materiais de Aprendizagem/ Instrumento de avaliação
Colocar o dia em que a aula será dada.	- Elencar as estratégias didáticas que serão utilizadas. Recomenda-se que as estratégias didáticas sejam variadas e integradas.	- Listar os conteúdos programáticos a serem trabalhados durante a aula. Esses conteúdos devem ser escolhidos a partir dos conteúdos fixados na tarefa anterior.	- Descrever o tempo previsto para a realização das atividades, bem como a organização do espaço ao longo da aula.	- Elencar os recursos didáticos (lousa, televisor, computador etc.) que serão utilizados ao longo da aula.	- Listar o(s) material(is) de aprendizagem que será(ão) utilizado(s) na aula (slides, listas de exercícios, textos, roteiros etc.). Caso se aplique, listar o(s) instrumento(s) de avaliação escolhido(s) para esta aula em específico. Recomenda-se a diversificação dos instrumentos.
	•	•	•	•	•
	•	•	•	•	•
	•	•	•	•	•
	•	•	•	•	•
Referências (fundamentação das estratégias didáticas e de avaliação escolhidas)	Colocar as referências utilizadas para consulta posterior, caso necessário.				

*Preencher apenas as aulas da SD que julgar necessárias (pode deixar linhas não utilizadas em branco).

Fonte: Ferrari, 2025, p. 107.

Segundo Ferrarini (2020), a tarefa 6 é designada para determinar as estratégias didáticas que serão utilizadas em cada Sequência Didática (SD), além das ações a serem desenvolvidas pelo professor e pelos discentes. Dessa forma, deve-se considerar a abordagem metodológica, o planejamento e a sequência global de ensino. À título de exemplificação das estratégias de ensino, pode-se citar jogos, experimentações, aulas expositivas, casos investigativos e mapas conceituais. A seguir, cada uma destas estratégias didáticas será melhor explicada.

Cunha (2012) reitera que é constante o desafio aos docentes tornar o ensino interessante para os alunos e para isto, uma alternativa é a utilização de jogos didáticos como auxiliares na construção do conhecimento, desenvolvimento da personalidade, estimulador e avaliador da aprendizagem. Conforme o exposto, os jogos para o ensino de ciências foram criados no século XVIII e no século XX começou-se a discutir com mais afinco o papel destes jogos na educação em Ciências/ Química.

As experimentações podem ser classificadas em seis tipos de acordo com Leite (2018), sendo elas: i) empírico-indutivista, que baseia-se na comprovação de teorias; ii) demonstrativas, que são realizadas por um docente a fim de que os alunos observem os fenômenos que estão ocorrendo; iii) ilustrativas, exemplificando como o próprio nome diz, ilustrações para a melhoria da compreensão dos estudantes; iv) investigativas, que partem de uma situação problema e tendem a sua resolução pelos alunos; v) conceituais, que são fundamentadas em teorias e conceitos e permitem a sua reestruturação; vi) técnicas, que permitem aos alunos sua realização, discutindo aspectos como segurança em laboratório, descarte adequado de resíduos, instrumentação e equipamentos que poderão ser utilizados.

Já as aulas expositivas são muitas vezes apontadas como rudimentares e que transformam os discentes em somente expectadores do processo de ensino e aprendizagem, dessa maneira, a intenção principal desse tipo de estratégia de ensino é a apresentação de fatos, conceitos e generalizações por meio da verbalização do docente e a sequência geralmente utilizada nestes tipos de aula é a apresentação do assunto, seguida do desenvolvimento analítico do tema, síntese, conclusão ou aplicações (Roitman, 1981).

Seguidamente, os casos investigativos podem ser aplicados de diversas maneiras no ensino de ciências tais como por meio de tarefas individuais, de aulas expositivas dialogadas, discussões e atividades em grupo (Sá; Francisco; Queiroz,

2007). Entretanto, Sá, Francisco e Queiroz (2007) enaltecem a existência de variantes desta estratégia como o caso dirigido que tem o propósito de aprofundar a compreensão dos conceitos dados em aula e cada caso é geralmente acompanhado por questões que deverão ser respondidas individualmente ou em grupos mediante consultas e anotações.

É importante salientar que para que um caso investigativo seja considerado um “bom caso” é fundamental que se conte uma história que tenha um problema não possui uma resolução “fácil/ imediata”. Também é importante que o caso desperte o interesse dos alunos para resolvê-lo, ou seja, deve ser relevante ao leitor, ser útil para a formação discente, possuir generalizações, ou seja, ter aplicabilidade geral não sendo específico, ser curto e forçar uma decisão (Sá; Francisco; Queiroz, 2007).

Enfim, Tavares (2007) explica a construção de mapas conceituais considerando uma estrutura hierárquica de conceitos que poderão ser apresentados por meio de uma diferenciação progressiva, ou seja, quando “apresentam-se, em primeiro lugar, as idéias mais gerais e inclusivas da disciplina e, depois, estas são progressivamente diferenciadas em termos de pormenor e de especificidade” ou de uma reconciliação integrativa, isto é, quando “um conceito de um ramo da raiz é relacionado a um outro conceito de outro ramo da raiz, propiciando uma reconciliação, uma conexão entre conceitos que não era claramente perceptível”.

Portanto é evidente que os mapas conceituais são instrumentos adequados, a fim de estruturar o conhecimento a partir de sua construção pelos alunos e possibilita assim, o “aprender a aprender”. Os mapas conceituais são classificados em: i) mapa conceitual tipo aranha, fácil de elaborar, onde o conceito central está no meio do mapa e os demais irradiam na medida em que afastam-se do centro; ii) mapa conceitual tipo fluxograma, é claro e organizado de forma linear, geralmente utilizado a fim de elucidar o passo a passo de procedimentos; iii) mapa conceitual tipo sistema, é semelhante ao fluxograma porém com entrada e saída como contingência, e por fim, iv) mapa conceitual hierárquico, que sucede das informações ordenadas de acordo com sua importância, dessa forma a informação mais importante é colocada na parte superior do mapa e é usual para explicitar os procedimentos (Tavares, 2007).

Por fim, na Tarefa 7 representada também no Quadro 10, o professor deve selecionar as estratégias de avaliação, a fim de avaliar o processo de ensino e aprendizagem. O docente procede com esta tarefa estabelecendo os objetivos mencionados na Tarefa 5 para que tenha em mente o propósito de cada uma das

sequências didáticas que serão ministradas, também nesta tarefa é importante detalhar as estratégias didáticas utilizadas já citadas anteriormente e que estas podem servir como método de avaliação, ou seja, à título de exemplo pode-se avaliar o conhecimento discente por meio do seu desempenho nos jogos didáticos ou mesmo nas atividades experimentais. De maneira análoga, o docente desenvolve o tema das sequências didáticas e planeja minuciosamente a aula gerindo o tempo, descrevendo os recursos utilizados e os materiais de aprendizagem ou os instrumentos de avaliação.

Assim, no contexto educacional, a avaliação assume um papel fundamental na identificação do desenvolvimento dos estudantes, servindo como instrumento de reflexão tanto para docentes quanto para discentes. A avaliação é como maneira de medir ou testar o nível de aprendizagem, classificação e promoção do aluno (Queiroz et al., 2019).

Existem três grandes tipos de avaliação: a avaliação formativa, a avaliação somativa e a avaliação diagnóstica. Segundo Cortesão (2002), a avaliação somativa é expressada quantitativamente e pode ser aplicada em momentos específicos como ao final de um curso, de um ano, de um período letivo ou de uma unidade de ensino, dessa forma, pode ser demonstrada numericamente e um exemplo muito comum são as provas aplicadas em instituições de ensino a fim de “traduzir” a distância em que os discentes estão da meta a atingir.

A avaliação formativa está voltada ao progresso do aluno, e tem finalidade de obter informações sobre o processo de ensino e aprendizagem, este tipo de avaliação é denominado como bússola orientadora, ajudando a identificar falhas e os aspectos a serem melhorados, ela não é exprimida por meio de notas (numéricas) e sim de comentários, não possui um momento específico para acontecer e não possui a formalidade que a avaliação somativa possui (Cortesão, 2002).

Ainda assim, a avaliação diagnóstica pretende, de acordo com Cortesão (2002), identificar as competências dos discentes no início de uma fase e prever o que provavelmente acontecerá nas sequências das situações educativas mediante o que for realizado nesta avaliação. No primeiro momento, este tipo de avaliação servirá para fornecer ao docente elementos para adequar-se às características e conhecimentos dos seus alunos, bem como caracterizar por meio de níveis de aprendizagem os alunos ou mesmo premeditar acontecimentos no decorrer das aulas que serão ministradas (Cortesão, 2002).

Sob essa perspectiva, foram apresentadas as sete tarefas que estruturam uma UDM, acompanhadas das condições necessárias para a efetiva realização de cada uma delas. Na sequência, será descrita de forma pormenorizada a segunda etapa do desenvolvimento de uma UDM, correspondente ao momento de implementação, etapa em que o planejamento elaborado é colocado em prática e submetido à dinâmica do processo de ensino-aprendizagem.

3.2 Etapa 2: A Implementação de uma UDM

Subsequentemente, Bego (2016) enfatiza que a segunda etapa da implementação de uma UDM é a intervenção didático-pedagógica. Dessarte, esta etapa permite que o professor implemente tudo o que foi realizado nas tarefas anteriores do planejamento, ou seja, lecionando em instituições de ensino. É por meio desta etapa que sucederão as análises e diagnósticos sobre os conceitos que foram utilizados, a abordagem escolhida, os métodos de avaliação, estratégias de ensino e os objetivos de aprendizagem após sua aplicação, é notório que deve-se considerar pontos positivos e os pontos negativos que deverão ser reestruturados sucessivamente (Bego, 2016).

Destaca-se a relevância da UDM elaborada neste trabalho, apresentada no Apêndice 1, considerando sua potencialidade de aplicação em diferentes contextos formativos. Tal proposta pode ser utilizada como recurso pedagógico no âmbito dos Estágios Curriculares Supervisionados (ECS), auxiliando os licenciandos a vivenciarem práticas concretas de ensino.

Além disso, a UDM configura-se como um instrumento de apoio também para professores já atuantes, ou aqueles que estão em processos de formação continuada, podendo assim, utilizá-la como subsídio para aperfeiçoar suas estratégias didáticas, repensar metodologias e ampliar a reflexão crítica sobre o ensino de Química e suas interfaces com a educação ambiental.

3.3 Etapa 3: O Replanejamento de uma UDM

Doravante, Bego (2016) ressalta que o replanejamento da UDM é fundamental após sua intervenção, pois o aprimoramento dos pontos negativos é crucial para

melhorar o processo de ensino e aprendizagem, além de permitir que o docente se adapte às necessidades dos alunos e garanta uma aprendizagem mais eficiente.

Adicionalmente, evidencia-se o potencial formativo decorrente das reflexões suscitadas em discussões coletivas mediadas pelo formador, bem como da sistematização das experiências por meio dos diários reflexivos. Tais práticas configuram-se como estratégias fundamentais para fomentar a análise crítica da prática pedagógica, permitindo ao licenciando ou professor em formação continuada identificar fragilidades, reelaborar concepções e consolidar saberes docentes. O diário reflexivo, em particular, constitui-se em um recurso metodológico que possibilita a problematização das escolhas didáticas, o reconhecimento dos avanços alcançados e a ressignificação de aspectos que demandam aprimoramento, contribuindo, assim, para a construção de uma postura investigativa e de permanente desenvolvimento profissional. Nesse sentido, autores como Schön (1992) ressaltam a importância da reflexão sistemática para a constituição da identidade docente, enquanto Pimenta (2005) enfatiza que a análise crítica da prática, mediada por instrumentos reflexivos, potencializa a articulação entre teoria e prática no processo de formação.

Neste trabalho somente será realizada a primeira etapa, o planejamento da UDM, com finalidade de integrar a literatura ao desenvolver um material didático que propende a conscientização e progresso socioambiental e que será disponibilizado e poderá ser utilizado por futuros docentes.

Em conclusão, é evidente a importância da UDM como instrumento formativo, ressaltando o papel das práticas reflexivas, expressas nas discussões coletivas e nos diários reflexivos, para o desenvolvimento crítico e investigativo do professor em formação inicial ou continuada. Destacou-se, igualmente, a relevância do replanejamento da UDM como etapa estruturante do processo pedagógico. À luz dessas considerações, o capítulo seguinte apresentará os resultados referentes à elaboração da UDM proposta, seguidos da análise e discussão acerca de suas potencialidades e implicações.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta seção, apresentam-se e discutem-se os resultados obtidos ao longo da realização da pesquisa, com base nos procedimentos metodológicos previamente descritos. Os dados foram organizados de maneira a favorecer a compreensão e a análise crítica dos fenômenos observados, sempre em consonância com os objetivos propostos no início do trabalho.

4.1 Tarefa 1 - Contexto da Intervenção Didático-Pedagógica

A primeira tarefa da UDM foi realizada neste trabalho a fim de caracterizar, de maneira geral as escolas públicas e privadas do Estado de São Paulo, para tornar a UDM mais amplamente aplicável e não somente restrita à uma única instituição de ensino.

Nesta tarefa, o planejamento está voltado para a compreensão do contexto social em que os alunos estão inseridos, que é o ponto fundamental para a tomada de decisões no decorrer do planejamento da UDM. Normalmente as escolas possuem uma média de 30 a 40 alunos por sala, todavia, de acordo com o Projeto de Lei 3799/23, deverão ter no máximo 25 alunos por sala de aula, estas, constituídas de estudantes de baixa, média e alta renda dependendo do tipo de instituição, pública ou privada (INEP, 2024).

As instituições de ensino públicas podem ser muito diferentes das instituições privadas, dependendo também da região em que estão localizadas, no caso da UDM deste trabalho, o foco foi nas escolas do estado de São Paulo.

O que faz esta proposta de ensino ser singular é a possibilidade de ser aplicada em uma variedade de escolas. As especificidades dos alunos são notórias, pensando nisso e para que todos os alunos interajam e estejam engajados na sala de aula é preciso ampliar as metodologias de ensino e aprendizagem utilizadas, as formas de avaliação e estratégias didáticas utilizadas.

O preenchimento do Quadro 4, referente à Tarefa 1 da UDM, apresentada no capítulo *Procedimentos Metodológicos*, não foi realizado no corpo do texto por conta da grande quantidade de páginas. Os demais quadros, para as demais tarefas também não foram colocados no corpo do texto pelo mesmo motivo. Sendo assim, a UDM na íntegra está apresentada no Apêndice 1, a partir da página 84 deste trabalho.

4.2 Tarefa 2 - Análise Científico - Epistemológica

A Tarefa 2 da UDM é destinada aos conteúdos programáticos escolhidos para as aulas que a compõem e neste trabalho, optou-se pelo ensino de Reciclagem de Materiais (e suas propriedades) e pelo foco maior nos materiais vítreos. Em específico os materiais como papel e papelão, plástico, vidro e materiais não cristalinos, metal e isopor, bem como suas estruturas, propriedades físico-químicas, composições, características e aplicações.

Mediante aos conteúdos previstos nos currículos oficiais, o tema selecionado foi “Materiais e suas Propriedades”, contido na BNCC especificamente na área Ciências da Natureza para o Ensino Fundamental e para o Ensino Médio, nas competências de Química (Brasil, 2018). Além de estar presente no Currículo Paulista para o Ensino Fundamental II (6º ao 9º ano) e no Ensino Médio, especificamente nas áreas de Ciências da Natureza e Química (Secretaria da Educação do Estado de São Paulo, 2019). Sendo assim, o tema foi escolhido para tornar possível o ensino sobre vidros e sua reciclagem.

Consequentemente, a Tarefa 2 contém os conteúdos voltados para todos os materiais que podem ser reciclados (e suas propriedades) com finalidade de embasar o docente na explicação e servir de base para eventuais discussões em sala de aula, dessa forma, este trabalho faz uso breve destes conceitos porque o interesse principal é a disseminação dos conhecimentos científicos voltados aos vidros.

O foco nos vidros surgiu pela necessidade de se entender melhor sobre estes materiais, desde sua composição, estrutura, aplicações e impactos ao serem descartados de maneira incorreta, visto que este conteúdo é, muitas vezes, ignorado pelos indivíduos e o descarte destes materiais de forma incorreta pode acarretar impactos significativos no meio ambiente, o que está relacionado ao tempo de degradação de um vidro que muitas vezes é indeterminado, dependendo de sua composição. Além de que o Professor Dr. Douglas Faza Franco desempenha um papel importante no Instituto de Química (IQAr) com materiais vítreos, no Laboratório de Vidros Especiais (LaViE) o que possibilitou um significativo aprofundamento nos conhecimentos sobre o tema deste trabalho.

Para que a aula seja ministrada e bem aproveitada, é necessário que os discentes possuam conhecimentos anteriores já adquiridos, como Tabela Periódica e

Elementos Químicos para compreender a constituição dos vidros, sua estrutura e coloração, as Propriedades Periódica (raio atômico, carga nuclear efetiva, eletropositividade e eletronegatividade) a fim de agregar no conhecimento acerca das ligações químicas para a formação dos vidros, as Ligações Químicas propriamente ditas para que os alunos entendam que os vidros são formados por ligações covalentes, Geometria Molecular a fim de auxiliar na compreensão da diferença entre as estruturas de vidros e cristais e por fim, os conceitos básicos sobre cores como a Roda de Newton, para que entendam melhor a dopagem dos vidros e o surgimento de suas diferentes cores.

Estes pré-requisitos auxiliam os corpos docente e discente no avanço dos novos conceitos que serão abordados no decorrer das sequências didáticas planejadas, possibilitando maior entendimento dos alunos e evitando a necessidade da realização de revisões feitas pelo professor sobre conceitos já adquiridos pelos alunos.

Finalmente, mediante as normas do Currículo Paulista e da Base Nacional Comum Curricular (BNCC), foram selecionadas as competências e habilidades coerentes com o tema proposto na UDM, sendo elas a competência específica 1 “Analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas interações e relações entre matéria e energia, para propor ações individuais e coletivas que aperfeiçoem processos produtivos, minimizem impactos socioambientais e melhorem as condições de vida em âmbito local, regional e global”, cuja habilidade mais coesa é:

(EM13CNT104) Avaliar os benefícios e os riscos à saúde e ao ambiente, considerando a composição, a toxicidade e a reatividade de diferentes materiais e produtos, como também o nível de exposição a eles, posicionando-se criticamente e propondo soluções individuais e/ou coletivas para seus usos e descartes responsáveis. (BNCC, 2018, p. 555)

A competência específica 2 “Analisar e utilizar interpretações sobre a dinâmica da Vida, da Terra e do Cosmos para elaborar argumentos, realizar previsões sobre o funcionamento e a evolução dos seres vivos e do Universo, e fundamentar e defender decisões éticas e responsáveis”, sugere a habilidade:

(EM13CNT206) Discutir a importância da preservação e conservação da biodiversidade, considerando parâmetros qualitativos e quantitativos, e avaliar os efeitos da ação humana e

das políticas ambientais para a garantia da sustentabilidade do planeta. (BNCC, 2018, p. 557)

Por fim, a competência específica 3 “Investigar situações-problema e avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico e suas implicações no mundo, utilizando procedimentos e linguagens próprios das Ciências da Natureza, para propor soluções que considerem demandas locais, regionais e/ou globais, e comunicar suas descobertas e conclusões a públicos variados, em diversos contextos e por meio de diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC)” infere as habilidades a seguir:

(EM13CNT307) Analisar as propriedades dos materiais para avaliar a adequação de seu uso em diferentes aplicações (industriais, cotidianas, arquitetônicas ou tecnológicas) e/ou propor soluções seguras e sustentáveis considerando seu contexto local e cotidiano. (BNCC, 2018, p. 559)

(EM13CNT310) Investigar e analisar os efeitos de programas de infraestrutura e demais serviços básicos (saneamento, energia elétrica, transporte, telecomunicações, cobertura vacinal, atendimento primário à saúde e produção de alimentos, entre outros) e identificar necessidades locais e/ou regionais em relação a esses serviços, a fim de avaliar e/ou promover ações que contribuam para a melhoria na qualidade de vida e nas condições de saúde da população. (BNCC, 2018, p. 560)

As habilidades escolhidas abrangem o tema “Materiais e Propriedades” como um todo, dessa forma, englobam também o tema escolhido para esta UDM “Reciclagem de Vidros e suas Propriedades”. E por meio dos documentos oficiais, é possível observar que o conteúdo “Materiais e Propriedades” pode ser ensinado para os alunos do Ensino Médio e deve estar alinhado às competências e habilidades descritas seguidamente. Especificamente, a Tabela 1 descreve as habilidades, correspondentes à aula e ao conteúdo a ser ministrado.

Tabela 1. Aulas de 1-7 do 2º bimestre do 2º ano do Ensino Médio seus títulos e conteúdos.

Aula	Habilidade	Título da Aula	Conteúdo
1	EM13CNT104 EM13CNT307	Composição e propriedades dos materiais	- Composição de substâncias químicas. - Propriedades dos materiais.
2	EM13CNT104 EM13CNT307	Metais tóxicos: riscos à saúde e ao meio ambiente	- Metais. - Composição, toxicidade e reatividades de diferentes metais. - Benefícios e riscos à saúde e ao ambiente dos metais. - Riscos da exposição a diferentes metais. - Soluções seguras para o uso de metais tóxicos.
3	EM13CNT104 EM13CNT307	Embalagens plásticas: riscos à saúde por uso inadequado	- Definição, classificação e estrutura de plásticos. - Composição, toxicidade e reatividade de substâncias químicas em embalagens plásticas.
4	EM13CNT104 EM13CNT307	Impactos provenientes do descarte incorreto dos plásticos	- Composição, toxicidade e reatividade de substâncias químicas. - Poluição de ambientes aquáticos e terrestres por materiais tóxicos provenientes do descarte incorreto.
5	EM13CNT206	Tratamento da água e esgoto	- Química ambiental (políticas ambientais, parâmetros qualitativos e quantitativos: dos gases poluentes na atmosfera; dos resíduos e substâncias encontradas nas águas; dos contaminantes do solo e dos aterros sanitários).
6	EM13CNT206	Resíduos sólidos I	- Química ambiental (políticas ambientais, parâmetros qualitativos e quantitativos: dos gases poluentes na atmosfera; dos resíduos e substâncias encontradas nas águas; dos contaminantes do solo e dos aterros sanitários).
7	EM13CNT206	Resíduo sólido II	- Química ambiental (políticas ambientais, parâmetros qualitativos e quantitativos: dos gases poluentes na atmosfera; dos resíduos e substâncias encontradas nas águas; dos contaminantes do solo e dos aterros sanitários).

Fonte: Escopo-sequência, 2025.

Referente aos conteúdos conceituais, este foi subdividido em “Aspectos Fenomenológicos”, “Aspectos Simbólicos” e “Aspectos Representacionais ou Simbólicos”.

O aspecto fenomenológico representa uma perspectiva macroscópica obtida pelos alunos no primeiro contato com o conteúdo. Para esta UDM foram descritos todos os aspectos para os materiais que podem ser reciclados (Papel, Papelão, Plástico, Metal, Vidro e Isopor), todavia, o foco desta etapa são os vidros e os demais

servirão como alicerce para eventuais questionamentos realizados na problemática realizada que será discutida nas Tarefas 4 e 6.

Os aspectos fenomenológicos que podem ser citados para os vidros são os visuais como a coloração, textura e transparência, o comportamento dos vidros (resistente, rígidos, frágeis ou flexíveis) e que apesar de poderem ser quebrados, os vidros são materiais duráveis e reaproveitáveis, além dos referentes à reciclagem tem a observação das coletas seletivas.

A definição dos vidros, sua composição, estruturação e dopagem relacionam-se com o aspecto teórico. Vidros são definidos como um estado fora do equilíbrio termodinâmico e cristalino da matéria que pode parecer sólido em um curto período de tempo, todavia, que relaxa continuamente em direção ao estado líquido por Zanotto e Mauro (2017). Sua estrutura é desorganizada porque durante a cristalização de um material os átomos que constituem as unidades estruturais começam a se organizar, levando então um certo período de tempo, conseqüentemente, quando se tem um resfriamento rápido, estas unidades não conseguem se organizar por completo, levando à formação de uma estrutura vítrea, diferentemente do que ocorre com os cristais (Alves; Gimenez; Mazali, 2001).

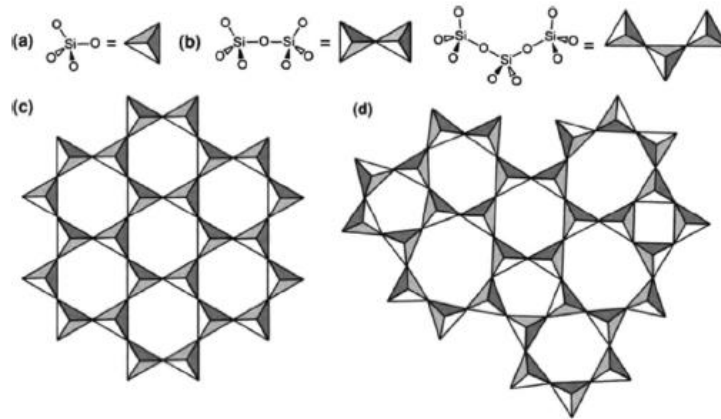
Bem como, de acordo com Teixeira e Araújo (2022), os vidros também podem ser classificados em cinco grupos sendo os vidros de sílica fundida (ou quartzo), vidros de sodo-cálcico, borossilicatos, vidros de chumbo e de alumino-borosilicato. E conforme muda a composição dos vidros ou se fazem presentes impurezas (geralmente metais), pode-se notar uma mudança em sua coloração (Felisberto, 2006).

Contextualizando, no que se diz respeito à reciclagem de vidros, pode-se notar que no Brasil, a produção diária de resíduos em 2022 era de 224 mil toneladas, correspondente a uma produção estimada de 1043 kg de resíduo per capita referente a 81,8 milhões de toneladas ao longo do ano (ABRELPE, 2022). Mediante à apreensão associada à consciência ambiental, surgiu em 2010 a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), instituída pela Lei 12.305 (Brasil, 2010).

Enfim, os aspectos representacionais ou simbólicos trazem imagens de diagramas como o Diagrama V - T que explica como ocorre a formação de um vidro cineticamente, o Diagrama de Entalpia - Temperatura que enaltece a natureza dos vidros, explicando o estado em que este material se encontra dependendo de sua temperatura, como apresentado nas Figuras 2 e 3.

Além dos diagramas acima citados, pode ser utilizado como aspecto simbólico os tetraedros de sílica para auxiliar os alunos a visualizarem como se dá a organização estrutural dos componentes do vidro, como na Figura 11.

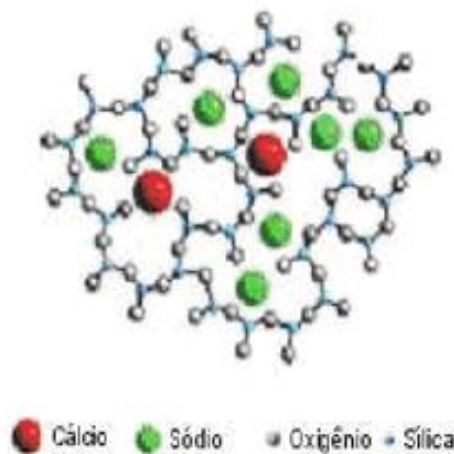
Figura 11 - Os tetraedros de SiO_4 e as maneiras como eles podem associar-se. A estrutura rotulada como (c) corresponde a um arranjo regular, como ocorre na sílica. Já a estrutura (d) é desordenada, embora possa ter alguma microcristalinidade, como sucede nos vidros.



Fonte: Silva e Filgueiras, 2023.

Também, para que os discentes compreendam melhor a estruturação de vidros com composições, pode-se utilizar figuras como a Figura 12, que demonstra vidros silicatos com a presença de átomos como Cálcio (Ca) e Sódio (Na).

Figura 12 - Estrutura de um vidro silicato.



Fonte: Babisk, 2009.

Por fim, a dopagem dos vidros pode ser representada por imagens como a Figura 13, a seguir:

Figura 13 - Coloração dos vidros de acordo com sua composição.



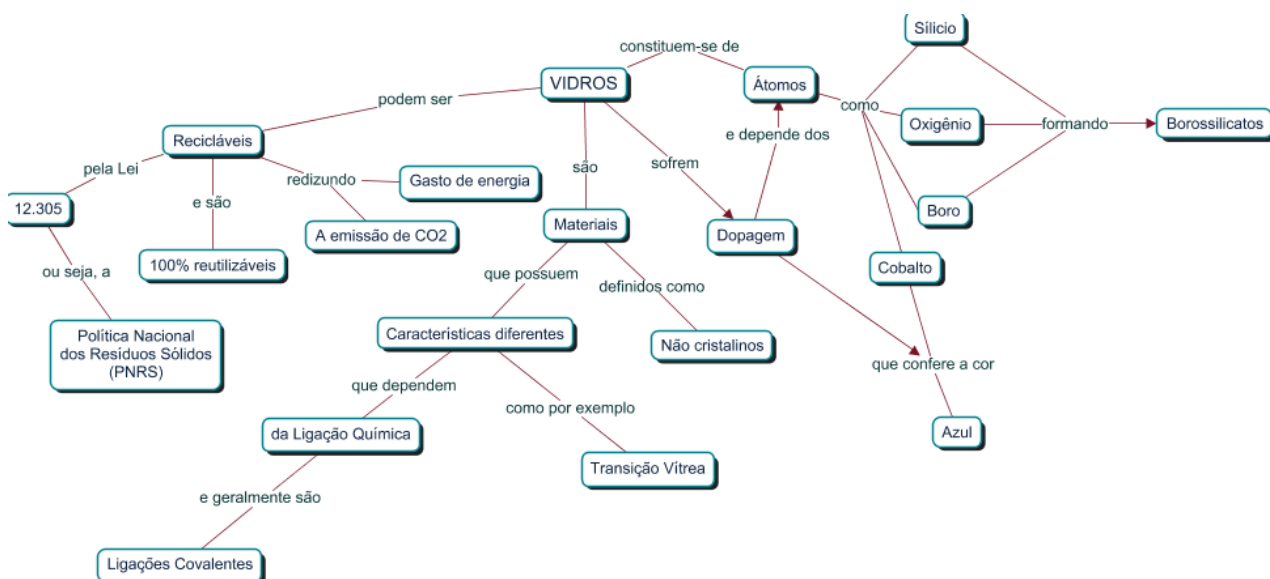
Fonte: Adaptado de Brunning, 2015.

Seguidamente, é necessário realizar o perfil conceitual ou um desenvolvimento histórico sobre o tema da UDM, neste trabalho, poucos referenciais sobre o tema vidros relacionados ao perfil conceitual foram encontrados, dessa forma, não foram obtidos dados suficientes para a realização deste. Entretanto, foi realizado o desenvolvimento histórico do tema central da UDM, os vidros, a finalidade deste desenvolvimento histórico é demonstrar que os conceitos científicos não são isolados e possuem uma história que os antecede. Por conseguinte, alguns aspectos importantes do desenvolvimento histórico dos vidros ocorre com a sua descoberta em tumbas de Faraós no Egito em 4.000 a.C, a evidenciação da sua formação pelos Fenícios em 3.000 a.C, o surgimento do vidro soprado no Oriente Próximo em 300 a.C, a criação de vitrais coloridos em 79 d.C, a inserção de vidros em laboratórios químicos e alquímicos no século XIV a XVI, o incentivo à produção em massa por Gay-Lussac no século XIX e nos dias atuais, sua utilização em diversas áreas como a construção civil, medicina e tecnologia.

Por fim, nesta tarefa, é confeccionado um esquema conceitual sobre todo o conteúdo para que o professor se oriente no decorrer das aulas ministradas. Este mapa tem o objetivo de instruir o docente à explicação relacionada entre os conceitos

e que assim, os alunos entendam que os conceitos não são isolados, mas que possuem uma relação entre eles.

Figura 14 - Mapa conceitual sobre vidros e sua reciclagem.



Fonte: Elaboração própria.

O mapa conceitual foi produzido com o foco em vidros, definindo-os como matéria, e designando suas características e propriedades, além de explicar a relação entre sua constituição (átomos) e a coloração advinda da adição de elementos químicos diferentes em sua composição. Em vista disso, também foi elencado no mapa conceitos relacionados à reciclagem, como a Lei 12.305 (PNRS).

4.3 Tarefa 3 - Análise Didático - Pedagógica

A Tarefa 3 está diretamente relacionada à análise didático-pedagógica do conteúdo científico que será trabalhado na UDM. Aqui o professor pode se preparar para as dificuldades que poderão surgir durante o processo de ensino e aprendizagem como no estudo das concepções alternativas que os estudantes possuem sobre os conteúdos e os obstáculos epistemológicos relacionados. A partir daí o professor reúne implicações para o ensino dos conteúdos, isto é, os aspectos que deve evitar ou reforçar no momento em que o conteúdo será transmitido.

Foi realizada uma coletânea das concepções alternativas mais comuns entre os discentes no que se refere às ligações químicas e às substâncias e misturas, visto

que nenhuma referência foi encontrada sobre as concepções alternativas sobre o tema vidros ou mesmo sobre a reciclagem deste material.

As ligações químicas estão presentes nas explicações sobre a constituição dos vidros, em específico as ligações covalentes, já as concepções alternativas sobre substâncias e misturas podem ser evidenciadas ao iniciar o conteúdo sobre formação dos vidros, coloração ou dopagem e quando o conhecimento sobre as diferentes composições dos vidros for organizado.

Nessa perspectiva, as concepções alternativas referentes às ligações químicas mais comuns são i) confusão entre ligação iônica e covalente; ii) antropomorfismos; iii) regra do octeto; iv) geometria das moléculas e polaridade; v) energia das ligações químicas e vi) representação das ligações, segundo Fernandez e Marcondes (2006). Além de que há equívocos no que se diz respeito ao vidro possuir ligações covalentes, mas não ser considerado uma substância molecular por não possuir periodicidade de longo alcance (Zachariasen, 1932).

Todavia, as concepções alternativas presentes quando o tema é substâncias e misturas podem ser, segundo Furió-Más e Domínguez-Sales (2007), a confusão entre os conceitos de substância simples e elemento químico, a barreira existente entre a matéria (como a diferença entre o comportamento dos gases e o de sólidos e líquidos), o entendimento do termo “substância” como “substância simples”, além da compreensão de substância como um composto, as misturas como substâncias compostas e também ao entender os processos de formação (como por exemplo as ligas, vidros e soluções).

E mediante o exposto por Furió-Más, Domínguez-Sales e Guisasola (2012), as concepções podem ser associadas ao momento em que os alunos não são capazes de conceituar a substância como um sistema submicroscópico formado por partículas iguais, quando tendem a reduzir o conceito de substância ao de substância simples, ou seja, um corpo formado pelo mesmo tipo de átomos, ou mesmo quando os alunos não conseguem diferenciar um material (misturas em geral) de substâncias, já que estes dois termos são utilizados como sinônimos no cotidiano.

Em suma, é notório que os alunos adquirem estas concepções acima elencadas no meio social, ou seja, são provenientes das experiências já vividas antes mesmo da definição dos conceitos. Estas concepções estão muitas vezes relacionadas com os obstáculos epistemológicos.

Os obstáculos epistemológicos podem ser divididos em obstáculo da experiência primeira, obstáculo verbal, obstáculo substancialista, obstáculo realista e obstáculo animista. Segundo Costa (1998) o obstáculo da experiência primeira se dá pela admiração pelas imagens com a satisfação imediata e o obstáculo verbal pode ocorrer mediante hábitos ou metáforas verbais utilizadas comumente no meio não científico.

Lopes (2007) define o obstáculo substancialista quando há uma caracterização pela noção de qualidade evidente, ou seja, pela qualidade superficial e dessa forma são vistas como atributos das substâncias independente de suas relações, já o obstáculo animista advém da atribuição de vida aos conceitos científicos e por fim, o obstáculo realista, mediante Lopes (2007), é a dificuldade de compreender além do que se é observado acarretando a comparações errôneas entre o macro e o micro.

Consoante essa lógica, os obstáculos epistemológicos delimitados para o tema deste trabalho podem ser definidos a seguir.

Obstáculo da experiência primeira ocorre quando os alunos associam que os vidros incolores são constituídos de um só elemento ou que sejam cristais, por exemplo, não entendem a diferença entre a estrutura de um cristal de NaCl da estrutura de um vidro (constituído de sílica), ou mesmo por entenderem que NaCl é uma molécula.

Já o **obstáculo animista**, quando assimilam que os átomos “gostam” de outros átomos (para representar atração eletrostática presente em ligações covalentes) como se eles tivessem vontade própria.

O **obstáculo realista** remete ao aluno que tende a ter dificuldade sobre a dopagem dos vidros, ou seja, sobre como estes adquirem coloração, muitas vezes entendem que é por meio de corantes e não pela adição de óxidos de metais de transição em sua composição, além da dificuldade em entender a diferença entre as cores absorvidas e emitidas.

O **obstáculo verbal** é referente à utilização do termo “cristal” para se referir a vidros é comumente utilizado (de forma equivocada) pelos alunos e no meio social e comercial.

Por fim, o **obstáculo substancialista** quando o aluno pode ter dificuldades em entender o efeito da adição dos óxidos de metais de transição na coloração dos vidros, como o exemplo claro do ouro em que os alunos compreendem que o átomo de ouro

possui a coloração dourada e não que isto seja uma consequência de um aglomerado de átomos.

Após a análise das concepções alternativas e dos obstáculos epistemológicos o docente é incumbido da construção de um conhecimento mais coeso e estruturado, evitando a persistência de possíveis erros e falhas no aprendizado. Para melhor estruturação do conhecimento científico, foram selecionados alguns aspectos que deverão ser reforçados e outros que deverão ser evitados no decorrer das aulas.

Os aspectos importantes a serem evitados referem-se à abordagem errônea do termo “cristal” para definir vidros (usualmente em comércios), bem como o termo “substância pura” para designar “substâncias” e por fim, evitar a utilização de conceitos como “gostam” ou “querem” para descrever as relações entre átomos, isto é, as atrações e repulsões existentes.

Entretanto, os aspectos que devem ser reforçados são a diferenciação entre as estruturas de cristais e vidros, o fato de que a coloração dos vidros ocorre pela adição de outros elementos em sua composição e também, reforçar os aspectos visuais no que se diz respeito às estruturas tri e bidimensionais, para que os alunos entendam a organização estrutural dos cristais e dos vidros.

Em suma, a importância de compreender as dificuldades dos discentes previamente leva o professor a ter um melhor preparo de suas aulas, evitando a permanência das concepções alternativas, a superação dos obstáculos epistemológicos e a fundamentação teórica coerente rompendo o senso comum.

4.4 Tarefa 4 - Abordagem Metodológica

A abordagem metodológica escolhida foi os Três Momentos Pedagógicos (3MP) que foi desenvolvida por Demétrio Delizoicov, José André Angotti e Marta Maria Pernambuco. Esta abordagem metodológica foi proposta no final da década de 1990, com base na pedagogia freireana e propõe organizar o ensino em três etapas distintas, isto é, a problematização inicial, organização do conteúdo e a aplicação do conhecimento (Delizoicov; Angotti; Pernambuco, 2002).

Segundo Manfredi (1993), para que uma abordagem metodológica seja considerada como abordagem metodológica ela deve possuir princípios sociopolíticos, epistemológicos e psicopedagógicos. Dessa forma, definem-se os princípios sociopolíticos:

os princípios sociopolíticos remetem a reflexões acerca de “homem , mundo e sociedade” (p. 05), buscando compreender a finalidade da educação na sociedade, o seu papel político e os objetivos de aprendizagem. (Morais; Bego, 2024, p. 5-6)

Ainda de acordo com Moraes e Bego (2024) é enfatizado que a dimensão psicopedagógica remete aos questionamentos psicológicos sobre a aprendizagem e sobre o modo de organizar o processo de ensino e aprendizagem. E então, os princípios epistemológicos seguem de reflexões sobre a natureza do conhecimento científico e do escolar (Morais; Bego, 2024).

Outrossim, são evidenciados os princípios sociopolíticos, mediante o exposto por Manfredi (1993), como a maneira que o homem é visto pela abordagem metodológica escolhida, isto é, suas capacidades, limitações, natureza e papel social, além da concepção de mundo como o que é entendido por realidade, relações sociais, cultura e história e a concepção da sociedade a partir de como está organizada, seus conflitos e desigualdades. Ainda sobre este princípio, tem-se a função da educação, onde reitera que a educação possui um papel político, social e filosófico para a formação dos cidadãos e a função da escola, que é voltada ao espaço que deve ser proporcionado para a socialização dos alunos e garantir acesso ao conhecimento científico (Manfredi, 1993).

Manfredi (1993) também salienta os princípios epistemológicos como a visão de Ciências, que é compreendida como produção do ser humano de maneira histórica, não neutra, e não dogmática, bem sua produção que sucede de atividades humanas históricas e socialmente determinadas para designar as transformações na natureza e tem por finalidade a sua compreensão.

Ademais, como princípio epistemológico é determinada a relação do conhecimento científico com o conhecimento escolar em outras palavras, o conhecimento científico é aquele que está sendo feito no estado da arte, por pessoas comuns e passando por um processo de validação, no entanto, o conhecimento que está dentro do ambiente escolar é um conhecimento que passa por uma transposição didática para maior compreensão dos discentes (Manfredi, 1993).

E, por fim, os princípios psicopedagógicos, que tratam das funções do professor, a relação professor-aluno, como os alunos aprendem e como se deve ensinar.

A função do professor, de acordo com Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2002), é organizar as atividades de ensino e mediar o processo de ensino e aprendizagem,

a relação professor-aluno deve ser horizontal com a finalidade de que o aprendizado ocorra simultaneamente entre os discentes e o docente.

O processo de aprender ocorre internamente nas pessoas e dessa forma, o aprendizado é resultado de suas ações e experiências, portanto, o aprendizado acontece como consequência das necessidades, interesses, vontades ou até mesmo pela coerção (Delizoicov; Angotti; Pernambuco, 2002).

Finalmente, o “como se deve ensinar” referente à abordagem dos Três Momentos Pedagógicos, defendida por Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2002), é baseada no ideal da organização do ensino em três etapas distintas, isto é, a problematização inicial, organização do conteúdo e a aplicação do conhecimento.

Os 3MP têm como característica a apresentação dos assuntos não como fatos a serem memorizados, mas sim como problemas a serem resolvidos que são propostos a partir das experiências e vivências de cada aluno e isso propicia que a compreensão dos problemas seja por meio dos conhecimentos que os alunos ainda não detêm (Muenchen; Delizoicov, 2014).

A problematização inicial é feita por meio de questionamentos feitos pelo professor baseados nas vivências dos alunos a fim de levá-los à reflexão e exposição de seus pensamentos (Muenchen; Delizoicov, 2014). Em seguida, é realizada a organização do conhecimento a partir da definição da explanação conceitos científicos e por fim a aplicação do conhecimento que possui finalidade de tornar os alunos capazes de solucionar os problemas explanados em primeira instância (Muenchen; Delizoicov, 2014).

Em vista disso, é necessário que o assunto trabalhado faça parte da realidade dos discentes, tornando o conhecimento científico próximo ao cotidiano a fim de levar à reflexões e críticas acerca da problemática.

4.5 Tarefa 5 - Título, Objetivos de Aprendizagem e Sequências Didáticas

A quinta tarefa tem finalidade de apresentar os objetivos de aprendizagem sobre o tema que será exposto na UDM, bem como a explanação sobre a quantidade de sequências didáticas que serão planejadas.

Estes objetivos devem ser escritos fundamentados na Taxonomia de Bloom, como já fora mencionado no capítulo anterior. A determinação dos objetivos considerou a abordagem metodológica utilizada como eixo balizador da UDM de qual

modo que as sequências didáticas foram propostas pensando nos três momentos pedagógicos: SD1) problematização inicial; SD2) organização do conhecimento e SD3) aplicação do conhecimento.

A principal razão para a escolha do título desta UDM é o tema que está relacionado à Educação Ambiental, em específico sobre a constituição de vidros e o que concerne à sua reciclagem, sendo ele “Entre a Ciência dos Materiais e a Sustentabilidade: Propriedades e Reciclagem de Vidros”. O objetivo geral estabelecido para a UDM foi “Avaliar quimicamente a estrutura e propriedades dos vidros com foco nos conceitos de reciclagem, criticando as leis atuais e as formas de reciclagem deste material” e para alcançá-lo, foram designadas 3 SDs com conteúdo para 7 aulas de 50 minutos.

A primeira SD está corresponde a uma aula de 50 minutos e possui o título “Propriedades que Transformam: A Ciência da Reciclagem”, sua justificativa está na problematização do conteúdo que tem como finalidade instigar os alunos com temas cotidiano, ou seja, a reciclagem dos materiais (papel/papelão, plástico, metal, vidro e isopor) e seu objetivo foi descrito da seguinte forma “Entender a problemática exposta pelo docente, isto é, quais materiais podem ser reciclados e o impacto que estes materiais têm ao serem descartados de maneira incorreta no ambiente, comparando os diferentes materiais reciclados e sua reciclagem”.

Em seguida, a SD 2 intitulada “Muito Além da Transparência: Conhecendo os Tipos de Vidros” traz o objetivo “**Analisar** as diferenças estruturais de materiais cristalinos e não cristalinos, **diferenciando** os tipos de vidros e identificando-os através de sua coloração por meio do Jigsaw e **organizando** o conhecimento sobre a reciclagem dos resíduos sólidos”.

Esta SD visa a organização do conteúdo científico, com explanações e explicações direcionadas à diferenciação entre estruturas vítreas e cristalinas, além da evolução histórica dos vidros e suas aplicações, uma demonstração em aula sobre a formação dos vidros de açúcar realizada pelo docente a fim de contextualizar com a realidade, ou seja estes vidros são utilizados em filmes e séries de televisão, bem como a exemplificação das diferentes composições dos vidros e sua coloração com duração de 250 minutos (5 aulas).

A SD 3 contém uma aula de 50 minutos e tem o título “Missão Reciclagem: Aprender e Cuidar do Planeta” e traz como objetivo “**Analisar** o impacto que a reciclagem dos vidros possui no meio ambiente, **diferenciando** situações onde o

descarte de resíduos sólidos ocorre de maneira inadequada e de maneira adequada” a fim de que os discentes compreendam o impacto do descarte de resíduos sólidos no meio ambiente, em específicos os vidros que possuem um tempo indeterminado de decomposição, a depender dos seus constituintes.

É possível perceber que os níveis cognitivos da Taxonomia de Bloom são respeitados no decorrer das SDs por meio dos verbos contidos nos objetivos, como em seguida.

O objetivo da SD 1 possui o verbo *Entender*, presente na categoria 2 proposta no ano de 2001 e está relacionado com o estabelecimento de uma conexão entre o novo conhecimento e os conhecimentos prévios dos alunos;

Já o objetivo da SD 2 possui o mesmo verbo *Analisar* da categoria 4 dos níveis cognitivos e relaciona-se com a execução ou utilização de um procedimento numa situação específica (como no Jigsaw, por exemplo);

O objetivo da SD 3 possui o verbo *Analisar*, categoria 4 dos níveis cognitivos, e está relacionado ao saber dividir as informações em partes relevantes e irrelevantes e entender a interrelação entre as partes.

Por conseguinte, o objetivo geral da UDM possui o verbo *Avaliar*, presente na categoria 5 dos níveis cognitivos e associa-se a realizar julgamentos baseados em critérios e padrões qualitativos e quantitativos ou de eficiência e eficácia.

Portanto, a Taxonomia de Bloom defende o aumento gradual da complexidade no decorrer da aplicação das aulas, o que foi respeitado neste trabalho a partir da observação dos verbos dos objetivos das SDs e do objetivo geral.

4.6 Tarefa 6 e 7 - Seleção das Estratégias Didáticas e das Estratégias de Avaliação

Nestas últimas tarefas ocorre o planejamento concreto das aulas, juntamente com a designação das estratégias didáticas por meio da Tarefa 6 e de avaliação, por meio da Tarefa 7. Levando em consideração tudo o que foi planejado nas tarefas anteriores, a escolha das estratégias didáticas e de avaliação são fundamentadas nos objetivos definidos por meio da abordagem metodológica escolhida.

Dessa forma, as estratégias didáticas escolhidas necessárias para a composição das SDs foram aula expositiva (dialogada), experimentação demonstrativa, Jigsaw, TDICs (Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação),

modelos moleculares e listas de exercícios, como recursos didáticos serão utilizados lousa, slides, folhas de exercícios, vídeos e materiais necessários para a experimentação demonstrativa.

A primeira SD é composta pela problematização do conteúdo como estratégia didática, com duração de 50 minutos e tem o propósito de instigar os alunos a obterem mais conhecimento sobre o assunto abordado, isto é, a partir de questionamentos sobre os materiais que podem ser reciclados e quais as diferenças químicas entre eles, fazendo anotações em lousa sobre as respostas dos alunos a fim de relacionar o conhecimento cotidiano com o científico. Os alunos serão avaliados pela participação e pelas respostas que serão dadas conforme os questionamentos sobre os materiais sejam apontados.

A segunda SD é intitulada “Muito Além da Transparência: Conhecendo os Tipos de Vidros” e é composta por 5 aulas de 50 minutos cada, o que totaliza 250 minutos voltados para a organização do conhecimento.

Prosseguindo, a primeira aula da segunda SD é constituída do início da organização do conhecimento científico, cujo tema é voltado aos vidros, suas estruturas, história e aplicações, ela será desenvolvida mediante à exposição do conteúdo por slides. Nesta etapa, os alunos serão avaliados a partir de uma atividade somativa direcionada, ou seja, cada aluno receberá uma folha contendo 5 questões de vestibular que abordam o tema, por exemplo a constituição dos vidros, sua reciclagem e tipos de vidro, a qual terá um tempo disponibilizado para a resolução em sala e para apontamento de dúvidas.

Na segunda aula desta SD, se propõe a resolução dos exercícios da atividade somativa proposta na aula anterior, a apresentação de um vídeo (TDICs) sobre a constituição e estruturação dos vidros, posteriormente, a realização da explicação do conteúdo propriamente dito (os diferentes tipos de vidro com a utilização de modelos moleculares para melhor visualização) e então, a realização de uma experimentação demonstrativa feita somente pelo professor, para que os alunos entendam uma das aplicações dos vidros de açúcar (são utilizados em filmes ou séries).

A avaliação das aulas 1 e 2 da segunda SD ocorrerá por meio da entrega da atividade somativa, além das interações dos alunos e pela conduta que eles tomarem no momento da experimentação demonstrativa.

A terceira aula desta SD faz uso da aula expositiva dialogada como estratégia didática, a fim de elucidar as diferenças estruturais entre vidros e cristais, as

composições e colorações dos vidros e os motivos desta mudança nítida de cores. Para incentivar o interesse dos alunos será apresentado um trecho de um vídeo sobre um *Reality Show* denominado “Vidrados” por meio de um projetor ou televisão onde os competidores são mestres do vidro soprado e produzem esculturas que valem um prêmio em dinheiro ao final.

Os recursos dessa aula serão lousa e giz ou caneta para a escrita de um mapa mental sobre a diferença entre vidros e cristais (estruturas, propriedades e cores), bem como a escrita do conteúdo voltado à coloração dos vidros. A avaliação será realizada de maneira formativa, analisando o comportamento dos alunos no decorrer da aula.

Ainda nesta SD, será utilizado como estratégia didática o Jigsaw, um método que tem por definição:

Nesse método, o conteúdo é dividido em pequenas partes e cada membro do grupo é designado a estudar apenas uma delas; estudam-na junto com alunos de outros grupos, responsáveis por discutir esse material comum; depois voltam ao seu grupo de base para ensinar e compartilhar o que foi estudado especificamente. (Guimarães; Castro, 2018, p. 99)

Segundo Guimarães e Castro (2018), este método é eficiente e capaz de aliar a aprendizagem cooperativa, colocando o discente como protagonista do processo de ensino e aprendizagem.

Subsequentemente, no Jigsaw serão empregados dois textos que expliquem o motivo da coloração dos vidros, isto é, a adição de óxidos de metais de transição (*bloco d*) na composição e também a mudança do Nox desses elementos. A proposta é que os alunos sejam divididos em dois grupos e para cada aluno será entregue um texto impresso que explique um dos motivos da mudança na coloração dos vidros, após, os alunos devem formar duplas a fim de que a explicação por pares seja realizada. A avaliação planejada para os discentes ocorre por meio da observação de seu comportamento no decorrer do Jigsaw e também pela explicação sobre os assuntos abordados nos textos.

A última aula dessa SD tem como estratégia didática a aula expositiva dialogada com tema “Reciclagem dos Vidros”, mais especificamente, abordando sobre a reciclagem dos vidros no Brasil, a Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS) e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). Os recursos indicados

para esta aula são a lousa e os slides, além da avaliação mediante à análise do comportamento dos alunos, suas dúvidas e apontamentos.

Por fim, a SD 3 possui o título “Missão Reciclagem: Aprender e Cuidar do Planeta” e é composta por somente uma aula de 50 minutos. Esta aula está voltada para determinar o grau do conhecimento dos alunos sobre a temática abordada, isto é, com o levantamento dos mesmos questionamentos da primeira aula na SD 1, entretanto, em forma de lista de exercícios que deverão ser entregues posteriormente.

A escolha da quantidade de aulas em cada SD está associada ao tempo disponível nas escolas para a delimitação do conteúdo e à abordagem metodológica utilizada, os Três Momentos Pedagógicos.

Sendo assim, a primeira SD possui somente uma aula voltada ao primeiro momento pedagógico, a problematização inicial, onde serão levantados os conceitos prévios que os alunos têm sobre o tema.

A segunda SD contém a maior quantidade de aulas (5) que fundamentarão o segundo momento pedagógico, ou seja, a organização do conhecimento científico e nela, serão abordados todos os conteúdos científicos necessários para a aprendizagem dos alunos.

Concluindo, a terceira SD possui somente uma aula que tem por finalidade a aplicação do conhecimento científico, o terceiro momento pedagógico.

Em síntese, as sequências didáticas apresentadas demonstram a coerência entre objetivos, estratégias e avaliação, articuladas aos Três Momentos Pedagógicos, bem como sua adaptabilidade aos diferentes contextos escolares. Esses elementos fundamentam as considerações finais apresentadas no capítulo de conclusão, que sintetizará as contribuições do trabalho para a aprendizagem dos alunos e a formação docente.

De modo geral, as discussões apresentadas neste capítulo permitiram refletir sobre o desenvolvimento e a aplicabilidade da proposta de UDM, evidenciando suas potencialidades no processo de ensino e aprendizagem. As considerações aqui expostas servem de base para as reflexões finais, que serão apresentadas a seguir, na conclusão deste trabalho.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O planejamento é de suma importância para a prática docente, remetendo ao professor uma maior organização do conhecimento, segurança e preparo em momentos singulares, permitindo uma reflexão crítica e constante de sua prática (Bego, 2016). A UDM apresentada no presente trabalho representa uma possibilidade de utilização de estratégias didáticas e de avaliação diversificadas, levando em consideração a diversidade no aprendizado e a pluralidade dos discentes (Bego, 2016).

O foco deste planejamento foram as escolas do estado de São Paulo, tanto públicas quanto privadas e dessa forma, utilizou-se como estratégias as listas de exercícios, experimentação demonstrativa, mapas conceituais e Jigsaw. Tais estratégias foram selecionadas em consequência da abordagem metodológica escolhida, os Três Momentos Pedagógicos e também para cumprir os objetivos de aprendizagem propostos, que foram elaborados de acordo com a Taxonomia de Bloom.

Esta monografia se propõe a contribuir com a educação ambiental dos alunos no que se diz respeito ao descarte de resíduos sólidos e também sobre o ensino de vidros, visto que o planejamento contou com conteúdos adicionais aos que são propostos nos currículos oficiais. Pretende-se ensinar sobre estes conteúdos a fim de proporcionar a compreensão dos alunos além dos conhecimentos teóricos, permitindo o contato inicial as informações contidas nas aulas planejadas com a finalidade de instigar a percepção de que os resíduos não constituem apenas materiais descartáveis e que podem ser reutilizados ou reciclados, assumindo um novo valor dentro de processos sustentáveis.

Ademais, o ensino destes materiais avançados nas escolas é de extrema importância, visto que possuem aplicações tecnológicas que estão presentes no cotidiano dos alunos, além de que os metais (um dos componentes principais dos vidros) estão presentes em diversas discussões políticas, sociais e econômicas, por exemplo, os terras raras que estão presentes em tensões entre os Estados Unidos, Japão, China e Brasil (Donato, 2025). Embora os terras raras não sejam o foco principal deste trabalho, é válido destacar que são necessários metais estratégicos

para a preparação dos vidros, além de que a reserva destes na crosta terrestre importa.

Nesse sentido, o intuito é que os discentes compreendam que a responsabilidade pelo destino correto do lixo envolve tanto atitudes individuais quanto ações coletivas, exigindo consciência cidadã e políticas públicas eficazes.

No mais, propõe-se que ao estudar especificamente o vidro e suas propriedades, como a durabilidade e a possibilidade de reciclagem infinita sem perda de qualidade, torna-se possível despertar o interesse dos alunos sobre os impactos ambientais negativos de seu descarte inadequado, como a poluição e os riscos à saúde e à segurança.

Dessa forma, essa proposta de UDM vem para somar com o ensino de tópicos de educação ambiental, algo que a literatura relata que tende a promover a reflexão dos alunos sobre a importância da preservação do meio ambiente. Assim, a proposta é que os estudantes desenvolvam não apenas saberes científicos, mas também consciência crítica, postura responsável diante do consumo e práticas cotidianas mais sustentáveis.

Outrossim, o presente trabalho propicia maneiras alternativas para ensinar o conteúdo proposto, diferentemente do ensino tradicional, o qual está voltado à memorização acrítica e reprodução de conceitos, não garantindo que os discentes aprendam de forma efetiva. E um planejamento como UDM proporciona a elaboração de sequências de aulas organizadas, coerentes e fundamentadas, além de estarem conectadas umas às outras melhorando então a maneira de se trabalhar com a temática escolhida.

Desta forma, uma limitação recorrente é que o presente trabalho não foi aplicado em instituições de ensino e é diretamente dependente delas para a definição e disponibilidade de tempo para a aplicação das aulas.

Finalmente, como o ensino acerca destes conceitos é muitas vezes negligenciado, esta monografia traz uma proposta nova sobre o ensino de vidros e sua reciclagem voltada para o ensino de Química, contribuindo também para a literatura, como perspectiva futura, este trabalho pode ser adaptado e ampliado para outros níveis de ensino (como fundamental ou mesmo programas de formação continuada de professores) ou mesmo tornar-se um minicurso.

REFERÊNCIAS

ABREMA. Panorama de 2024. Disponível em:

<https://www.abrema.org.br/panorama/>. Acesso em: 04 mai. 2025.

ALVES, O. L.; GIMENEZ, I. F.; MAZALI, I. O. Vidros. **Química Nova na Escola**, ed. Especial, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE VIDRO (ABRAVIDRO).

Entenda a importância da reciclagem de vidro. Disponível em:

<https://abravidro.org.br/entenda-importancia-da-reciclagem-de-vidro/>. Acesso em: 02 de maio de 2025.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS (ABRELPE). **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil – 2022.** São Paulo, 2022. Disponível em: <https://www.abrema.org.br/panorama/> Acesso em: 03 de maio de 2025.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE RESÍDUOS E MEIO AMBIENTE (ABREMA).

Logística e valor são principais desafios para reciclagem de vidro decolar no Brasil. 2024.

BABISK, M. P. **Desenvolvimento de vidros sodo-cálcicos a partir de resíduos de rochas ornamentais.** Dissertação (Mestrado) – Instituto Militar de Engenharia. Rio de Janeiro, 2009.

BEGO, A. M. A implementação de unidades didáticas multiestratégicas na formação inicial de professores de Química. **Coleção Textos FCC**, v. 50, p. 55-72, 2016.

BEGO, A. M.; SGARBOSA, E. C. Transitando entre o planejamento teórico e a realidade do cotidiano escolar: vivências, desafios e aprendizados. *In*: COLVARA, L. D.; OLIVEIRA, J. B. B. (Org.). **Núcleos de Ensino da UNESP: artigos 2015.** São Paulo: Cultura Acadêmica, 2016. (v. 2, Metodologias de Ensino e a Apropriação de Conhecimento pelos Alunos). p. 8-32.

BETHE, H. A. **Splitting of terms in crystals.** *Annalen der Physik.* v. 3, p. 133–208, 1929.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, ano 147, n. 148, p. 3-7, 3 ago. 2010.

BRUNNING, A. The Chemistry of Coloured Glass. **Compound Interest**, 3 mar. 2015. Disponível em: <https://www.compoundchem.com/2015/03/03/coloured-glass/>. Acesso em: 15 de ago. 2025.

CORNING INC. Corning's 50 Years of Optical Fiber Innovation. **Corning**, 2020. Disponível em: <https://www.corning.com/worldwide/en.html>. Acesso em: 30 out. 2025.

CORTESÃO, L. Formas de ensinar, formas de avaliar: Breve análise de práticas correntes de avaliação. Faculdade de Psicologia e Ciências da Educação da Universidade do Porto. **Reorganização curricular do ensino básico: avaliação das aprendizagens: das concepções às novas práticas**, 2002.

COSTA, R.C. Os Obstáculos epistemológicos de Bachelard e o ensino de ciências. **Cadernos de Educação**. FaE/UFPeL, 1998.

COTTON, F. A.; WILKINSON, G. **Advanced Inorganic Chemistry**. 6. ed. New York: Wiley, 1999.

CUNHA, M. B. Jogos no Ensino de Química: Considerações teóricas para sua utilização em sala de aula. **Química Nova na Escola**, v. 34, n. 2, p. 92-98, mai. 2012.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A. **Física**. São Paulo: Cortez, 1990.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A.; PERNAMBUCO, M. M. **Ensino de ciências: fundamentos e métodos**. São Paulo: Cortez, 2002.

Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm. Acesso em: 23 jun. 2025.

DURNDELL, V. C. S.; ANTONANGELO, A. R. **Química inorgânica de coordenação**. Curitiba: Intersaberes, 2020. *E-book*. Disponível em: <https://plataforma.bvirtual.com.br>. Acesso em: 30 jul. 2025.

FELISBERTO, C. B. **Rendimento e cor de selênio e seus compostos na coloração de vidros sodo-cálcicos**. 2006. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo (USP). Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3133/tde-19042007-141556/publico/DissertacaoVRev.pdf>. Acesso em: 29 jul. 2025.

FERNANDEZ, C.; MARCONDES, M. E. R. Concepções dos Estudantes sobre Ligação Química. **Química Nova na Escola**, n. 24, p. 20-24, 2006.

FERRARI, T. B. **Formação de Professores(as) de Química com Foco na Equidade Educacional**. 2025. Tese (Doutorado em Química) – Instituto de Química, Universidade Estadual Paulista, Araraquara, 2025.

FERRARINI, F. O. C. **Desenvolvimento do conhecimento prático-profissional no processo de implementação de unidades didáticas multiestratégicas para o ensino de Química no contexto da formação inicial de professores**. Orientador: Amadeu Moura Bego. Tese (Doutorado em Química) - Instituto de Química, Universidade Estadual Paulista, Araraquara, 2020.

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**, São Carlos, v. 17, n. 2, p. 421-431, 2010.

FURIÓ-MÁS, C. DOMÍNGUEZ-SALES, M.C; GUIASOLA, J. Diseño e Implementación de una Secuencia de Enseñanza para Introducir los Conceptos de Sustancia y Compuesto Químico. **Enseñanza de las ciencias**, v.30, n.1, p. 113-128, 2012.

FURIÓ-MÁS, C.; DOMÍNGUEZ-SALES, M.C. Problemas Históricos y Dificultades de los Estudiantes en la Conceptualización de Sustancia y Compuesto Químico. **Enseñanza de las ciencias**, v.25, n.2, p. 241-258, 2007.

GIORDAN, M. **O Papel da Experimentação no Ensino de Ciências**. 1995. II Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências - Universidade de São Paulo, 1995.

GIOVANNI, M. **O vidro: os estilos na arte**. São Paulo: Martins Fontes, 1992.

GUIMARÃES, L. P; CASTRO, D. L. Método jigsaw e modelos atômicos: utilização da aprendizagem cooperativa para a inserção da História da Química. **Chemical Education in Point of View**, v. 2, n. 2, 2018.

INEP. **Apresentação da Coletiva de Imprensa: Censo Escolar 2024**. Disponível em: <https://www.gov.br/inep/pt-br/areas-de-atuacao/pesquisas-estatisticas-e-indicadores/centso-escolar/resultados>. Acesso em: 24 set. 2025.

IWATA, A. Y.; LUPPETTI, K. O. “Histórias de vidro em quadrinhos: o ensino e a divulgação científica de conceitos sobre o vidro.” **Revista Eletrônica Ludus Scientiae (RELuS)**, v. 1, n. 1, p. 75-92, jan./jul. 2017. DOI: 10.30691/relus.v1i1.756.

JONES, J. R. *et al.* Bioglass and bioactive glasses and their impact on healthcare. **International Journal of Applied Glass Science**, v. 7, n. 4, p. 423-434, 2016. DOI: 10.1111/ijag.12252.

KAO, C. K.; HOCKHAM, G. A. Dielectric-fiber surface waveguides for optical frequencies. **Proceedings of the Institution of Electrical Engineers**, v. 113, n. 7, p. 1151–1158, 1966.

LEITE, B. S. A experimentação no ensino de química: uma análise das abordagens nos livros didáticos. **Educación Química**, v. 29, n. 3, p. 61-78, ago. 2018.

LOPES, A. C. **Currículo e Epistemologia**. Ijuí: Editora Ijuí, 2007. p. 137-174.

MANFREDI, S. M. **Metodologia do ensino: diferentes concepções**. Campinas - SP, UNICAMP, 1993.

MAZZARINO, J.M.; MUNHOZ, A.V.; KEIL, J.L. Currículo e transversalidade em Educação Ambiental. **Revista Brasileira de Educação Ambiental**, v. 7, n. 2, p. 51-61, 2012.

Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**: Educação Infantil, Ensino Fundamental e Ensino Médio. Brasília, DF: MEC, 2018. Disponível em: https://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518-versaofinal_site.pdf. Acesso em: 10 out. 2025.

Ministério do Meio Ambiente. **Governo Federal institui o sistema de logística reversa para embalagens de vidro**. Ministério do Meio Ambiente, 23 dez. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/pt-br/noticias/meio-ambiente-e-clima/2022/12/governo-federal-institui-o-sistema-de-logistica-reversa-para-embalagens-de-vidro>. Acesso em: 25 de jul. 2025.

MONTESSO, M. **Vidros óxidos de metais pesados contendo nanopartículas de metais de transição, para aplicações em fotônica**. 2012. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de São Carlos, 2012.

MORAIS, R. P.; BEGO, A. M. Princípios Epistemológicos, Sociopolíticos e Psicopedagógicos do Ensino de Ciências por Investigação. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências (RBPEC)**, v. 24, e. 47885, p. 1-34, 2024.

MORTIMER, E. Conceptual Change or Conceptual Profile Change?. **Science & Education**, 267-285, 1995.

MORTIMER, E. F.; MACHADO, A. H.; ROMANELLI, L. I. A Proposta Curricular de Química do Estado de Minas Gerais: fundamentos e pressupostos. **Química Nova**, p. 273-283, 1999.

MUENCHEN, C.; DELIZOICOV, D. Os três momentos pedagógicos e o contexto de produção do livro “Física”. **Ciência & Educação (Bauru)**, Bauru, v. 20, p. 617-638, 2014.

NAÇÕES UNIDAS. **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável**. Brasil: Nações Unidas no Brasil, [s.d]. Disponível em: https://brasil.un.org/pt-br/sdgs?utm_source=chatgpt.com. Acesso em: 13 set. 2025.

NALIN, M. *et al.* Materiais Vítreos e a Luz: Parte 1. **Química Nova**, v. 39, n. 3, p. 328-339, abr. 2016.

NICOLLI, A. A.; MORTIMER, E.F. Perfil conceitual e a escolarização do conceito de morte no ensino de Ciências. **Educar em Revista**, n. 44, p. 19-35, 2012.

OZÓRIO, M. S.; SOUZA FILHO, M. P.; ALVES, N.; JOB, A. E. Promovendo a conscientização ambiental: resultados de uma pesquisa realizada com alunos do ensino médio sobre polímeros, plásticos e processos de reciclagem. **Revista Brasileira de Educação Ambiental (RevBEA)**, [S. l.], v. 10, n. 2, p. 11-24, 2015. DOI: [10.34024/revbea.2015.v10.1927](https://doi.org/10.34024/revbea.2015.v10.1927). Disponível em: <https://periodicos.unifesp.br/index.php/revbea/article/view/1927>. Acesso em: 22 jul. 2025.

PEREIRA, A. S.; FELISBERTO, D. S.; DAROS, M. T.; UGGIONI, E.; BERNARDIN, A. M. **Reciclagem de Vidros de Embalagem: Alternativa ao Descarte**. Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma - SC, 2005.

PIMENTA, S. G. **Professor reflexivo no Brasil: gênese e crítica de um conceito**. 2. ed. São Paulo: Cortez, 2005.

QUEIROZ, K. I. R. *et al.* **Os tipos de avaliações e suas funções no processo de ensino e aprendizagem**. VI Congresso Nacional de Educação (CONEDU), 2019.

ROITMAN, R. Aula expositiva. **Revista Brasileira de Educação Médica**, v. 5, n.1, p. 38-41, Rio de Janeiro, jan./abr. 1981.

SÁ, L. P.; FRANCISCO, C. A.; QUEIROZ, S. L. Estudos de Caso em Química. **Química Nova**, v. 30, n. 3, p. 731-739, 2007.

SANTOS, L. O. M. **Transmissão de Fibra óptica: A Evolução nos Sistemas de Comunicação**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica) - Faculdade Pitágoras, 2022.

SCARPELLINI, C.; ANDREATTA, V. B. **Manual compacto de química: ensino médio**. São Paulo: Rideel, 2011. *E-book*. Disponível em: <https://plataforma.bvirtual.com.br>. Acesso em: 30 jul. 2025.

SCHÖN, D. A. **Educando o profissional reflexivo: um novo design para o ensino e a aprendizagem**. Porto Alegre: Artmed, 2000.

SECRETARIA DA EDUCAÇÃO DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Currículo Paulista: Habilidades essenciais – Anos Finais – Ciências**. São Paulo: EFAPÉ, 2019. Disponível em: https://efape.educacao.sp.gov.br/curriculopaulista/wp-content/uploads/download/habilidades-essenciais-anos-finais/Habilidades%20essenciais%20%20Anos%20Finais_Cie%CC%82ncias_1%C2%BA%2C2%C2%BA%2C3%C2%BAbi..pdf. Acesso em: 10 out. 2025.

SECRETARIA DA EDUCAÇÃO DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Escopo-Sequência 2025**. São Paulo: SEDUC-SP, 2025. Disponível em: <https://repositorio.educacao.sp.gov.br/>. Acesso em: 16 set. 2025.

SHRIVER, D. F.; ATKINS, P. W. **Inorganic Chemistry**. 6. ed. Oxford: Oxford University Press, 2014.

SILVA, J. **Aplicações do Vidro nas Habitações Humanas: Uma Proposta de Análise e Classificação**. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, 2017.

SILVA, W. T.; FILGUEIRAS, C. A. L. O vidro e sua importância na vida e na Química. **Química Nova**, v. 46, n. 5, p. 491-501, 2023.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS (SINIR). **Relatório Nacional de Gestão de Resíduos Sólidos - 2021**. Disponível em: <https://sinir.gov.br/relatorios/nacional/>. Acesso em: 03 mai. 2025.

SOARES, T. F. **Reciclagem do vidro para embalagens de alimentos e bebidas como etapa do Sistema de Gestão Ambiental**. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Universidade Federal de Uberlândia, 2018.

TAVARES, R. Construindo mapas conceituais. **Ciência & Cognições**, v. 12, p. 72-85, nov. 2007. Disponível em: <https://cienciasecognicao.org/>. Acesso em: 27 jun. 2025.

TEIXEIRA, F. T. V.; ARAÚJO, S. W. **Tintas e suas Aplicações: Conceitos, Tecnologias e Possibilidades**. UFVJM, Diamantina - MG, 1 ed, 2022.

UREL, D.E. Paulo Freire e os três momentos pedagógicos. **Scientia Naturalis**, v. 4, n.1, p. 49-59, 2022.

VAN VLECK, J. H. **The Theory of Electric and Magnetic Susceptibilities**. Oxford: Clarendon Press, 1932.

VASCONCELOS, C. **Os obstáculos epistemológicos na formação do espírito científico de Gaston Bachelard**. (Monografia) - Faculdade UnB Planaltina-Df, 2013.

ZACHARIAZEN, W. H. Atomic arrangements in glasses. **Journal of American Chemical Society**, v. 54, p. 3841, 1932.

ZANOTTO, E.; MAURO, J. C. The glassy state of matter: Its definition and ultimate fate. **Journal of Non-Crystalline Solids**, v. 471, p. 490-495, 2017.

ZUMDAHL, Steven S.; DECOSTE, Donald J. Map: Chemistry (Zumdahl and Decoste). Davis: **LibreTexts**, 2025. Disponível em: [https://chem.libretexts.org/Bookshelves/General_Chemistry/Map:Chemistry\(Zumdahl_and_Decoste\)](https://chem.libretexts.org/Bookshelves/General_Chemistry/Map:Chemistry(Zumdahl_and_Decoste)). Acesso em: 5 nov. 2025.

APÊNDICE - UDM COMPLETA

INSTRUMENTO PARA PLANEJAMENTO DE UNIDADE DIDÁTICA MULTIESTRATÉGICA (UDM)

(Vrs12 - Amadeu Bego e Tarso Ferrari - 12.ago.2023)

IDENTIFICAÇÃO DO TRABALHO	
Instituição	Instituto de Química (IQ) - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”
Curso	Licenciatura em Química
Disciplina	Trabalho de Conclusão de Curso
Formador	Orientador: Professor Dr. Douglas Faza Co-orientadora: Doutoranda Melany Isabel Garcia Natale
Autores da UDM (ordem alfabética)	Marcelli Terron Leopoldino
Data e versão da UDM	Versão Final

CONTEXTO DA INTERVENÇÃO DIDÁTICO-PEDAGÓGICA																																																																		
Nome da unidade escolar	A presente Unidade Didática Multiestratégica não se destina exclusivamente a um único tipo de instituição de ensino, mas pode ser implementada em quaisquer unidades que tenham interesse em abordar o referido tema, independentemente de sua natureza pública ou privada.																																																																	
Endereço completo	-																																																																	
Site e e-mail	-																																																																	
Qual é e como é nossa escola?	Nas escolas do estado de São Paulo, segundo dados do Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP), as matrículas nas redes de ensino públicas para o Ensino Médio no ano de 2024 foram: 0,6% para escolas federais, 81,7% para escolas estaduais, 1,4% para escolas municipais e 16,3% para as escolas privadas. Por conseguinte, as escolas do estado de São Paulo são bem equipadas em sua maioria, ou seja, 81,9% das escolas possuem Internet para os alunos, 78,3% possuem computadores de mesa para os alunos e 97,3% destas escolas têm Internet banda larga, conforme a Figura 1.																																																																	
	Figura 1 - Recursos tecnológicos disponíveis nas escolas de ensino médio segundo as regiões - Brasil – 2024 <table><thead><tr><th>Recurso</th><th>Centro-Oeste (n=2.477)</th><th>Nordeste (n=7.310)</th><th>Norte (n=2.800)</th><th>Sudeste (n=12.696)</th><th>Sul (n=4.710)</th></tr></thead><tbody><tr><td>Computador de mesa para alunos</td><td>50,6</td><td>70,7</td><td>75,3</td><td>78,3</td><td>87,4</td></tr><tr><td>Computador portátil para alunos</td><td>34,0</td><td>57,0</td><td>76,8</td><td>78,4</td><td>78,3</td></tr><tr><td>Internet</td><td>78,2</td><td>97,3</td><td>99,6</td><td>99,9</td><td>99,9</td></tr><tr><td>Internet banda larga</td><td>66,9</td><td>83,2</td><td>76,0</td><td>90,8</td><td>97,3</td></tr><tr><td>Internet para alunos</td><td>44,3</td><td>67,8</td><td>83,9</td><td>90,5</td><td>92,8</td></tr><tr><td>Internet para ensino e aprendizagem</td><td>48,5</td><td>73,4</td><td>92,1</td><td>90,4</td><td>92,8</td></tr><tr><td>Internet para uso administrativo</td><td>72,7</td><td>92,8</td><td>98,9</td><td>98,6</td><td>98,9</td></tr><tr><td>Lousa digital</td><td>12,2</td><td>21,2</td><td>43,1</td><td>35,3</td><td>54,4</td></tr><tr><td>Projetor multimídia</td><td>77,0</td><td>89,7</td><td>97,5</td><td>72,5</td><td>95,9</td></tr><tr><td>Tablet para alunos</td><td>15,8</td><td>22,2</td><td>30,2</td><td>39,6</td><td>57,7</td></tr></tbody></table> Fonte: INEP - Censo Escolar, 2024.	Recurso	Centro-Oeste (n=2.477)	Nordeste (n=7.310)	Norte (n=2.800)	Sudeste (n=12.696)	Sul (n=4.710)	Computador de mesa para alunos	50,6	70,7	75,3	78,3	87,4	Computador portátil para alunos	34,0	57,0	76,8	78,4	78,3	Internet	78,2	97,3	99,6	99,9	99,9	Internet banda larga	66,9	83,2	76,0	90,8	97,3	Internet para alunos	44,3	67,8	83,9	90,5	92,8	Internet para ensino e aprendizagem	48,5	73,4	92,1	90,4	92,8	Internet para uso administrativo	72,7	92,8	98,9	98,6	98,9	Lousa digital	12,2	21,2	43,1	35,3	54,4	Projetor multimídia	77,0	89,7	97,5	72,5	95,9	Tablet para alunos	15,8	22,2	30,2	39,6
Recurso	Centro-Oeste (n=2.477)	Nordeste (n=7.310)	Norte (n=2.800)	Sudeste (n=12.696)	Sul (n=4.710)																																																													
Computador de mesa para alunos	50,6	70,7	75,3	78,3	87,4																																																													
Computador portátil para alunos	34,0	57,0	76,8	78,4	78,3																																																													
Internet	78,2	97,3	99,6	99,9	99,9																																																													
Internet banda larga	66,9	83,2	76,0	90,8	97,3																																																													
Internet para alunos	44,3	67,8	83,9	90,5	92,8																																																													
Internet para ensino e aprendizagem	48,5	73,4	92,1	90,4	92,8																																																													
Internet para uso administrativo	72,7	92,8	98,9	98,6	98,9																																																													
Lousa digital	12,2	21,2	43,1	35,3	54,4																																																													
Projetor multimídia	77,0	89,7	97,5	72,5	95,9																																																													
Tablet para alunos	15,8	22,2	30,2	39,6	57,7																																																													

Disciplina	Química
Ano/turma(s)	De acordo com o documento do escopo da Secretaria de Educação do Estado de São Paulo, o conteúdo desta UDM é para o 2º ano do Ensino Médio, 2º bimestre.
Docente responsável	-
Número de estudantes	Em conformidade com o Projeto de Lei 3799/23 estabelece um limite máximo de 25 alunos por sala de aula do Ensino Médio.
Quem são e quais são as características dos/as estudantes que dou aula?	Hodiernamente, 93,4% da população brasileira de 15 a 17 anos frequentam escola, conforme os dados do INEP (2024) e das 7,8 milhões de matrículas realizadas para o Ensino Médio, 82,5% dos alunos do estudam no turno diurno e 17,5% (correspondente a 1,4 milhão) de alunos estudam no período noturno. Dessa forma, as escolas Privadas possuem cerca de 1 milhão de alunos e têm uma participação de 13,2% na matrícula de Ensino Médio (INEP, 2024), destarte, as escolas Públicas possuem 6,5 milhões de alunos, isto é, a rede estadual compõe 83,1% no total de matrículas e concentra 95,8% dos alunos.
Referências (de acordo com ABNT NBR 6023)	INEP. Apresentação da Coletiva de Imprensa, Censo Escolar 2024 . Disponível em: https://www.gov.br/inep/pt-br/areas-de-atuacao/pesquisas-estatisticas-e-indicadores/censo-escolar/resultados . Acesso em: 24 Setembro de 2025.

ANÁLISE CIENTÍFICO-EPISTEMOLÓGICA

Conteúdo programático da UDM	Materiais (estruturas, propriedades físico-químicas, composições, características, toxicidade e aplicações). - Papel e papelão; - Plástico; - Vidro e materiais cristalinos - ênfase/ recorte para os vidros e materiais cristalinos; - Metal; - Isopor; - Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS);
Pré-requisitos para a UDM	- Tabela Periódica, Elementos Químicos e suas propriedades; - Propriedades periódicas (raio atômico, carga nuclear efetiva, eletropositividade e eletronegatividade); - Ligações Químicas (ênfatizando a ligação covalente para explicar a matéria prima mais comum dos vidros, a sílica); - Geometria molecular; - Conceitos básicos sobre cores: Roda de Newton (cores observadas e absorvidas).

**Orientações curriculares
oficiais sobre o tema**

As orientações contidas na Base Nacional Comum Curricular (BNCC) que melhor se encaixam quando refere-se ao tema “Materiais e Propriedades”, ou seja, papel, papelão, plástico, vidro, metal, e isopor, são:

i) Para a competência específica 1: Analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas interações e relações entre matéria e energia, para propor ações individuais e coletivas que aperfeiçoem processos produtivos, minimizem impactos socioambientais e melhorem as condições de vida em âmbito local, regional e global.

(EM13CNT104) Avaliar os benefícios e os riscos à saúde e ao ambiente, considerando a composição, a toxicidade e a reatividade de diferentes materiais e produtos, como também o nível de exposição a eles, posicionando-se criticamente e propondo soluções individuais e/ou coletivas para seus usos e descartes responsáveis. (BNCC, 2018, p. 555)

ii) Para a competência específica 2: Analisar e utilizar interpretações sobre a dinâmica da Vida, da Terra e do Cosmos para elaborar argumentos, realizar previsões sobre o funcionamento e a evolução dos seres vivos e do Universo, e fundamentar e defender decisões éticas e responsáveis.

(EM13CNT206) Discutir a importância da preservação e conservação da biodiversidade, considerando parâmetros qualitativos e quantitativos, e avaliar os efeitos da ação humana e das políticas ambientais para a garantia da sustentabilidade do planeta. (BNCC, 2018, p. 557)

iii) Para a competência específica 3: Investigar situações-problema e avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico e suas implicações no mundo, utilizando procedimentos e linguagens próprios das Ciências da Natureza, para propor soluções que considerem demandas locais, regionais e/ou globais, e comunicar suas descobertas e conclusões a públicos variados, em diversos contextos e por meio de diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC).

(EM13CNT307) Analisar as propriedades dos materiais para avaliar a adequação de seu uso em diferentes aplicações (industriais, cotidianas, arquitetônicas ou tecnológicas) e/ou propor soluções seguras e sustentáveis considerando seu contexto local e cotidiano. (BNCC, 2018, p.559)

Segundo o escopo-sequência de 2025, documento interno das escolas públicas do Estado de São Paulo, que auxilia na organização das aulas e dos conteúdos programáticos, as habilidades EM13CNT104 e EM13CNT307 estão presentes nas aulas de 1-4 do 2º bimestre do 2º ano do Ensino Médio, enquanto que a habilidade EM13CNT206 está presente nas aulas 5-7 do mesmo bimestre e do mesmo ano letivo. A Tabela 1, abaixo, mostra os títulos das aulas e os respectivos conteúdos de cada uma dessas aulas.

Tabela 1. Aulas de 1-7 do 2º bimestre do 2º ano do Ensino Médio seus títulos e conteúdos

Aula	Habilidade	Título da Aula	Conteúdo
1	EM13CNT104 EM13CNT307	Composição e propriedades dos materiais	- Composição de substâncias químicas. - Propriedades dos materiais.
2	EM13CNT104 EM13CNT307	Metais tóxicos: riscos à saúde e ao meio ambiente	- Metais. - Composição, toxicidade e reatividades de diferentes metais. - Benefícios e riscos à saúde e ao ambiente dos metais. - Riscos da exposição a diferentes metais. - Soluções seguras para o uso de metais tóxicos.
3	EM13CNT104 EM13CNT307	Embalagens plásticas: riscos à saúde por uso inadequado	- Definição, classificação e estrutura de plásticos. - Composição, toxicidade e reatividade de substâncias químicas em embalagens plásticas.
4	EM13CNT104 EM13CNT307	Impactos provenientes do descarte incorreto dos plásticos	- Composição, toxicidade e reatividade de substâncias químicas. - Poluição de ambientes aquáticos e terrestres por materiais tóxicos provenientes do descarte incorreto.
5	EM13CNT206	Tratamento da água e esgoto	- Química ambiental (políticas ambientais, parâmetros qualitativos e quantitativos: dos gases poluentes na atmosfera; dos resíduos e substâncias encontradas nas águas; dos contaminantes do solo e dos aterros sanitários).
6	EM13CNT206	Resíduos sólidos I	- Química ambiental (políticas ambientais, parâmetros qualitativos e quantitativos: dos gases poluentes na atmosfera; dos resíduos e substâncias encontradas nas águas; dos contaminantes do solo e dos aterros sanitários).
7	EM13CNT206	Resíduo sólido II	- Química ambiental (políticas ambientais, parâmetros qualitativos e quantitativos: dos gases poluentes na atmosfera; dos resíduos e substâncias encontradas nas águas; dos contaminantes do solo e dos aterros sanitários).

Fonte: Escopo-sequência, 2025.

As habilidades escolhidas abrangem o tema “Materiais e Propriedades” como um todo, dessa forma, englobam também o tema escolhido para esta UDM “Reciclagem de Vidros e suas Propriedades”. Por meio dos documentos oficiais é possível observar que o conteúdo “Materiais e Propriedades” pode ser ensinado para os alunos do Ensino Médio e deve estar alinhado às competências e habilidades acima descritas.

Conteúdos conceituais

- **Identificação** dos fatos e/ou fenômenos de interesse (aspecto fenomenológico)

- **Interpretação** dos fatos ou fenômenos de interesse (aspectos teórico e simbólico)

Aspectos Fenomenológicos (fenômenos que podem ser vistos e/ou medidos):

- Para papel:

Os aspectos táteis referentes ao papel podem estar relacionados às diferenças entre papéis lisos, ásperos, finos ou espessos;

Bem como os aspectos visuais relacionados à coloração, aos tipos de branqueamento, papéis reciclados ou coloridos;

Também, os aspectos auditivos, quando folheados, rasgados ou amassados;

Alguns aspectos referentes à mecânica, por exemplo a facilidade ao dobrar;

No que se diz respeito à reciclagem, refere-se à observação de pontos de coleta seletiva na cidade e experiências em reutilização de papéis.

- Para papelão:

Visualmente, tem-se os aspectos sobre a coloração, as fibras do papelão e as camadas sobrepostas;

Os aspectos táteis relacionam-se com a textura do papelão, a rigidez e a facilidade de rasgar ou amassar;

Experiências cotidianas como a presença do papelão em caixas e pacotes para diversos fins, artesanato e improvisações;

Relacionados ao comportamento do papelão ao entrar em contato com a água (perde sua rigidez até o desmanche);

Quanto à reciclagem, tem-se a observação dos pontos de coleta seletiva, o ciclo do papelão (descartadas → coleta seletiva → prensagem e desfibramento → nova pasta celulósica → reaproveitamento).

- Para plástico:

Visualmente, o plástico possui uma variedade de cores, brilho característico e possibilidade de ser transparente, como no caso do PET, opaco, como no PVC ou no polietileno de alta densidade;

Relacionado à baixa densidade, experiências simples como alguns plásticos que flutuam na água (como polietileno e polipropileno), enquanto outros afundam (como PET e PVC);

Bem como quando em contato com calor, muitos se deformam ou derretem, o que refere-se às diferenças entre os termoplásticos, que podem ser remodelados, e termofixos, que não retornam à forma após aquecimento;

Quanto à reciclagem, pode-se observar no cotidiano os símbolos em embalagens e a numeração cada número corresponde a uma estrutura polimérica com propriedades específicas.

- Para vidros:

Os aspectos visuais perceptíveis aos estudantes podem ser referentes à coloração dos vidros, sua textura e transparência;

Também, relacionados ao comportamento do vidro, ou seja, se é mais rígido ou flexível, frágil ou resistente;

Relacionados à reciclagem dos vidros, as experiências referentes à utilização de objetos de vidro usados em casa (copos, garrafas, janelas) e de momentos em que quebraram;

Experiência pessoal ao separar vidro para coleta seletiva ou reutilizar recipientes;

Observação de pontos de coleta e transporte de vidro em sua comunidade;
Percepção de que o vidro, apesar de quebrar, é durável e pode ser reaproveitado indefinidamente;
Reflexão sobre o papel da reciclagem no cuidado ambiental e na redução de resíduos.

- **Para metais:**

O aspecto visual mais perceptível é o brilho característico dos metais, e visualmente, suas colorações específicas;
Os metais são frios ao toque, porém conduzem o calor da pele (relacionado à condutividade térmica);
Bem como metais como ferro e chumbo parecem ser mais pesados que outros materiais (refere-se à densidade);
No cotidiano, podem ser vistos em moedas, talheres, joias, estruturas de construção, veículos e eletrodomésticos;
A observação do descarte inadequado destes materiais, remete à poluição de rios e esgotamento de recursos naturais.

- **Para isopor:**

Os aspectos relacionados ao comportamento do isopor referem-se à sua leveza, a possibilidade de manter-se em formas definidas, impermeável quando em contato com a água (porque é composto por polímeros hidrofóbicos) e quando exposto ao calor pode perder sua forma rapidamente;

Visualmente, a coloração do isopor (branca) e sua composição por grânulos;
No dia a dia é visto em embalagens, copos, bandejas (por ser isolante térmico).

Aspectos Teóricos (como se explicam) e Simbólicos (como se representam):

- **Introdução sobre reciclagem de materiais - Papel e Papelão:**

Segundo Sousa *et al.* (2016), o papel é um material orgânico e biodegradável que pode levar de 3 a 6 meses para se decompor, podendo chegar a 100 anos em aterros com pouca umidade, dessa forma, os aumentos na demanda da produção implicam a geração diária de grande quantidade de resíduos o que acarreta uma preocupação maior com o meio ambiente.

A reciclagem é de suma importância para as indústrias de papel e celulose porque minimiza os impactos que podem ser causados ao meio ambiente, ou seja, a reciclagem do papel pode reduzir a energia de produção em escala de 23% a 74%, pode reduzir a poluição atmosférica em 74% e também, pode reduzir a poluição das águas em torno de 35% (Sousa et al., 2016).

O papel pode ser dividido em papéis recicláveis e não recicláveis, de acordo com o Quadro 1.

Quadro 1 - Materiais Recicláveis e Não-Recicláveis

PODE RECICLAR	NÃO PODE RECICLAR
Caixas de papelão	Papéis sanitários
Jornal	Papéis plastificados
Revistas	Papéis metalizados
Impressos em geral	Papéis parafinados
Fotocópias	Copos descartáveis de papel
Rascunhos	Papel carbono
Envelopes	Fotografias
Papéis timbrados	Fitas adesivas
Cartões	Etiquetas adesivas
Papel de fax	Papel vegetal

Fonte: Sousa *et al.*, 2016.

Portanto, é possível identificar que o papel para ser reciclado não deve ter impurezas como barbante, metal, madeira e plástico, bem como papéis impregnados com substâncias impermeáveis não podem ser reciclados (Sousa *et al.*, 2016).

A Associação Brasileira de Celulose e Papel - BRACELPA (2011), enfatiza que o Brasil cresce consideravelmente no que se diz respeito ao consumo de embalagens oriundas de papel e papelão, com isso o país é uns dos principais produtores de papel e celulose do mundo, sendo uma referência internacional. Mediante ao exposto por Júnior e Guadagnin (2014):

Realizar a reciclagem de papel significa fazer o papel novamente, porém utilizando como fonte primária papéis, cartões, cartolinas e papelões. Esse material é originado de sobras que são geradas durante o processo de fabricação ou ainda por matérias pós-consumo que são recolhidos e enviados as empresas recicladoras. As principais aparas recicláveis são o papelão ondulado, a aparas mista (sobras de escritórios, revistas), papel para impressão na maioria das vezes já utilizado, jornal e sacas de cimento. (Júnior; Guadagnin, 2014, p. 3)

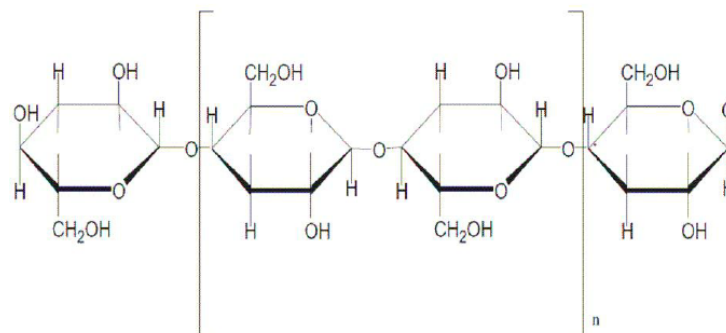
De acordo com Júnior e Guadagnin (2014), a reciclagem de papel e papelão não é uma técnica recente e surgiu devido a fatores socioeconômicos, bem como a falta de florestas para retirada.

O processo de reciclagem de papel e papelão é próximo ao processo de produção do papel virgem, dessa forma, o papel ou papelão ao chegar às fábricas é misturado à água, formando a denominada “pasta de celulose” e então, esta pasta é peneirada a fim de retirar os materiais indesejáveis, em seguida, ocorrem os processos químicos, ou seja, são introduzidos produtos químicos para retirar as possíveis tintas presentes no papel/papelão (Júnior; Guadagnin, 2014).

Posteriormente, a pasta é processada para a abertura das fibras de celulose a fim de aumentar a resistência mecânica do material, por fim, é feito o branqueamento desta pasta seguindo então para a fabricação do papel (Júnior; Guadagnin, 2014).

A celulose, principal componente do papel e do papelão, é caracterizada segundo Biazus, Hora e Leite (2010), como “um polímero de cadeia longa, classificado como polissacarídeo ou carboidrato, cuja hidrólise completa resulta em glicose”, e possui uma estrutura representada pela Figura 2, cujo tipo de ligação que ocorre entre essas moléculas é a ligação glicosídica.

Figura 2 - Moléculas de celulose unidas por ligações glicosídicas.



Fonte: Macedo et al. 2014.

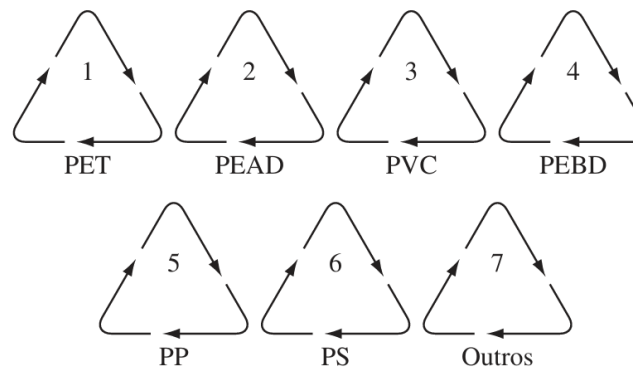
- **Plástico:**

Os plásticos são polímeros, cuja matéria-prima é o monômero e para os monômeros, as matérias-primas mais comuns são o petróleo e o gás natural (Michaeli, 1995). Dessa forma, segundo o explicito por Michaeli (1995), os plásticos podem ser divididos em termoplásticos (são fundíveis e solúveis), duroplásticos (duros e encadeados) e elastômeros (não são fusíveis, são insolúveis e podem ser amolecidos).

Os materiais plásticos podem ser classificados em: PET (Polietileno tereftalato), PEAD (Polietileno de alta densidade), PVC (Policloreto de vinila), PEBD - (Polietileno de baixa densidade), PP (Polipropileno), PS (Poliestireno) e outros, segundo Coltro, Gasparino e Queiroz (2008).

Pela norma DIN 7728, os plásticos são caracterizados por sequências de letras que representam sua estrutura química e letras complementares que caracterizam a utilização, aditivos e propriedades básicas (Michaeli, 1995). Suas representações sucedem igualmente o representado pela Figura 3 a seguir, podendo haver variações em algumas embalagens.

Figura 3 - Símbolos de identificação dos materiais plásticos segundo a norma ABNT NBR 13230



Fonte: Coltro, Gasparino e Queiroz (2008).

À título de curiosidade, o símbolo “7 - Outros” pode ser empregado para plásticos que foram fabricados a partir do policarbonato, ABS, poliamida, acrílicos ou uma combinação de diversos materiais, dessa forma, sugere-se também o uso da sigla do polímero abaixo do símbolo (Coltro; Gasparino; Queiroz, 2008).

Alguns exemplos de aplicações e de reciclagem de plásticos são, consonante com Coltro, Gasparino e Queiroz (2008):

PET: É aplicado em garrafas para refrigerante, água, óleo comestível, molho para salada, antisséptico bucal e xampu, e a partir da reciclagem produz-se fibras para carpete, tecidos, vassouras, embalagens de produtos de limpeza, acessórios diversos;

PEAD: É encontrado em garrafas para iogurte, suco, leite, produtos de limpeza, potes para sorvete e frascos para xampu, dessa forma, após a sua reciclagem, surgem frascos para produtos de limpeza, óleo para motor, tubulações de esgoto, conduites;

PVC: Sua aplicação se dá em filmes estiráveis, berços para biscoitos, frascos para antisséptico bucal, xampu, produtos de higiene pessoal, blister e a reciclagem, por sua vez, gera mangueiras para jardim, tubulações de esgoto, cones de tráfego, cabos;

PEBD: A aplicação inicial destes materiais pode ser em filmes encolhíveis, embalagem flexível para leite, iogurte, saquinhos de compras, frascos squeezable e após a reciclagem, produz envelopes, filmes, sacos, sacos para lixo, tubulação para irrigação;

PP: Podem ser encontrados em potes para margarina, sorvete, tampas, rótulos, copos descartáveis, embalagem para biscoitos, xampu e após o processo de reciclagem, geram caixas e cabos para bateria de carro, vassouras, escovas, funil para óleo, caixas, bandejas;

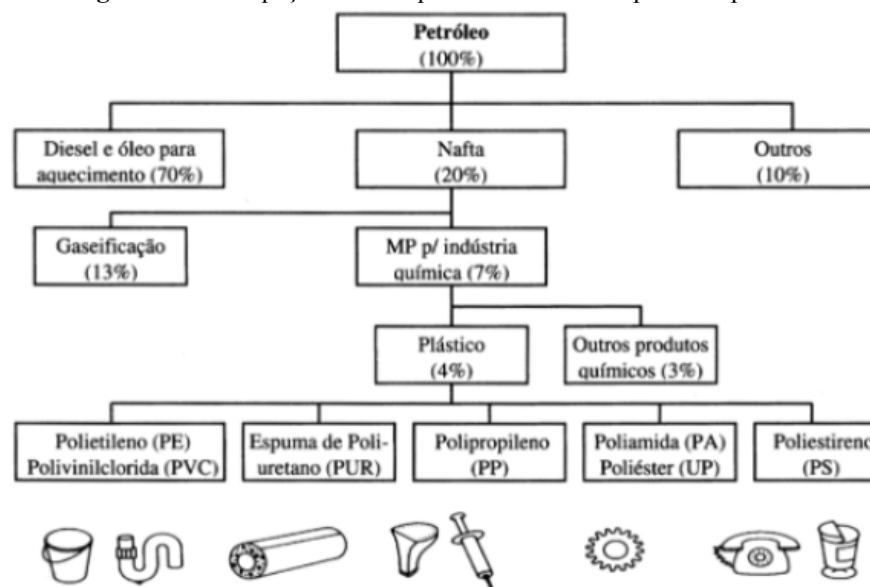
PS: Encontrados em copos descartáveis, pratos descartáveis, pote para iogurte, bandejas, embalagem para ovos, acolchoamento e depois do processo de reciclagem podem ser transformados em placas para isolamento térmico, acessórios para escritório, bandejas;

OUTROS: Aplicados em embalagem multicamada para biscoitos e salgadinhos, mamadeiras, CD, DVD, utilidades domésticas e posteriormente, madeira plástica.

As propriedades físicas dos plásticos, conforme Michaeli (1995) são: materiais de construção leves, podem ser processados facilmente, permitem obtenção de propriedades otimizadas (como cores, cargas e aditivos), apresentam baixa condutividade, são isolantes, são resistentes a produtos químicos, são porosos e muitas vezes, recicláveis.

Os plásticos possuem um ciclo de produção desde a coleta de sua matéria-prima, de acordo com a Figura 4.

Figura 4 - Participação de cada produto fabricado a partir do petróleo.

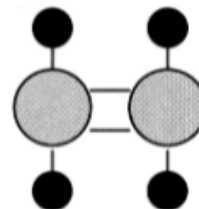


Fonte: Michaelis, 1995.

É compreendido que o plástico não é obtido diretamente do petróleo, são necessários mais passos intermediários para a produção do plástico a partir do petróleo (Michaelis, 1995).

Como mencionado anteriormente, a matéria-prima dos plásticos é designada *monômero* e a partir dela são produzidas as macromoléculas dos plásticos (Michaelis, 1995), consonante à Figura 5.

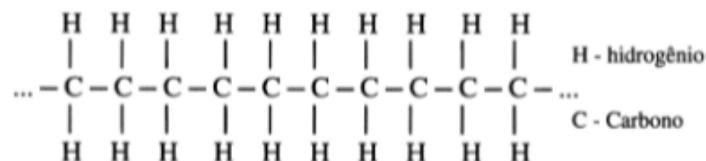
Figura 5 - Esquema de molécula monomérica.



Fonte: Michaelis, 1995.

A macromolécula é constituída de diversas moléculas monoméricas encadeadas (Michaelis, 1995). Conforme Michaelis (1995) o *polietileno* (PE), é uma macromolécula composta por carbonos (C) e hidrogênios (H), e é proveniente do monômero *etileno*, como sucede a Figura 6.

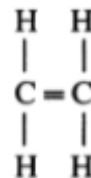
Figura 6 - Fórmula estrutural do PE.



Fonte: Michaelis, 1995.

Seguidamente, a Figura 7 mostra o etileno, o monômero constituinte do PE.

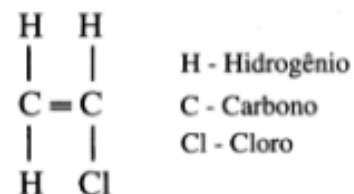
Figura 7 - Fórmula estrutural do etileno.



Fonte: Michaelis, 1995.

De modo geral, a síntese dos polímeros ocorre primeiramente pela polimerização e a ligação dupla presente possui um papel importante nesse processo (Michaelis, 1995). À título de demonstração, segue a Figura 8 com a estrutura da vinilclorida.

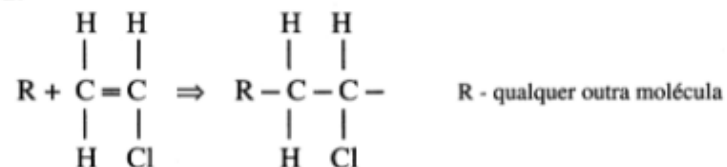
Figura 8 - Estrutura da vinilclorida.



Fonte: Michaelis, 1995.

Consequentemente, a separação da ligação dupla presente nos monômeros, isto é, a decomposição em dois elétrons individuais leva à formação das macromoléculas, sendo então completada por radicais (Michaelis, 1995). A Figura 9 demonstra essa decomposição e ligação feita com um radical

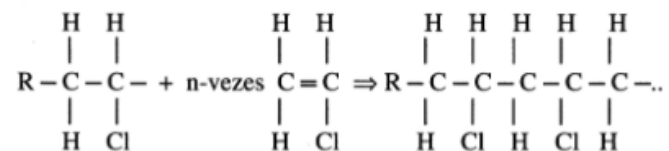
Figura 9 - Rompimento da ligação dupla.



Fonte: Michaelis, 1995.

Através do rompimento, forma-se a uma ligação nova entre o elétron do radical e o elétron da ligação que fora decomposta, e então é formada uma cadeia conforme a Figura 10.

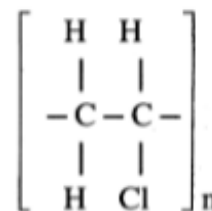
Figura 10 - Formação de cadeias.



Fonte: Michaelis, 1995.

O comprimento destas cadeias se dá pelo número n de elementos que se repetem nela e dessa maneira, pode ser representado como na Figura 11.

Figura 11 - Unidade repetitiva.



Fonte: Michaelis, 1995.

Geralmente, este número n está em torno de 10.000, e a definição dos plásticos produzidos pela polimerização é “*plásticos polimerizados*” (Michaelis, 1995). Em consonância com Michaelis (1995), os plásticos podem ser formados a partir de outros métodos como a policondensação e poliadição.

A policondensação provém da separação de pequenas moléculas, geralmente de água, na presença de moléculas que possuam mais dois grupos funcionais, por exemplo o grupo carboxila, grupo amina, grupo hidroxila ou grupo carbonila (Michaelis, 1995). À título de demonstração, é uma reação na qual duas moléculas formam uma amida e o plástico formado a partir destas moléculas é denominado poliamida (Michaelis, 1995).

Já a poliadição é semelhante ao processo descrito anteriormente, todavia, não há a separação de nenhum elemento e sim a migração de um átomo de hidrogênio entre os grupos funcionais (Michaelis, 1995).

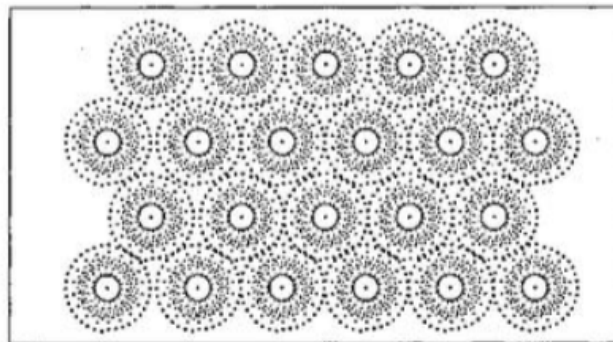
- Metais:

Segundo Rozenberg (2002), o primeiro metal a ser conhecido pelo homem foi o ouro, provavelmente chamando atenção pela coloração e brilho e o segundo metal conhecido pelo homem foi o cobre.

Em contrapartida, os metais são constituídos de ligações químicas do tipo metálica, isto é, uma ligação devida à carga negativa errante e incomum que aglutina os conjuntos de íons metálicos positivos (Rozenberg, 2002). Estes elétrons são responsáveis pela condutividade elétrica e térmica dos metais.

Exemplificando, os átomos de metais ao serem dispostos próximos um do outro tendem a transferir seus elétrons de valência, os quais, por não possuir condições de distribuírem-se de maneira estável, “vagam” de um átomo para outro como se pertencessem a quaisquer átomos presentes, este fenômeno é denominado “nuvem eletrônica” e pode ser demonstrado na Figura 12 (Rozenberg, 2002).

Figura 12 - Esquema de nuvem eletrônica contínua.



Fonte: Rozenberg, 2002.

Os metais, por sua vez, não perdem suas características intrínsecas após serem reciclados, dessa forma, é importante citar que os metais podem ser reciclados por ciclos incontáveis (Santos, 2014).

Santos (2014) elenca os processos de reciclagem de quatro metais: o **alumínio**, o **cobre**, o **chumbo** e o **zinco**.

Para o **alumínio**: é utilizado em aplicações industriais na sua forma pura ou como ligas juntamente a outros metais, estas ligas são usadas em larga escala nas indústrias aeroespaciais, automotivas, ferroviárias, de alimentos e bebidas entre outros, oferecendo então propriedades relacionadas ao seu peso, resistência à corrosão e mobilidade que são almejadas (Santos, 2014). Santos (2014) afirma que há mais de 30 anos que os resíduos metálicos de alumínio (e suas ligas) são reciclados com forno de revérbero, os quais irradiam calor por todas as suas paredes para fundir o metal.

Para o **cobre**: o cobre pode ser utilizado em sua forma pura ou também, em forma de ligas juntamente a estanho, alumínio ou zinco (Santos, 2014). Para a sua forma pura, a reciclagem do cobre é simplesmente sua refusão e remoldagem, porém, para o cobre ligado ou misturado, sua fusão pode ocorrer em unidades primárias ou secundárias até a formação de anodos, conforme Santos (2014).

Para o **chumbo**: a utilização do chumbo metálico, além de suas ligas, é preeminente na produção de baterias automotivas e a reciclagem do chumbo atinge aproximadamente 95% das baterias usadas nos veículos (Santos, 2014). A reciclagem deste material ocorre da seguinte forma:

Numa unidade típica de reciclagem de chumbo de baterias automotivas, a etapa inicial consistirá na fragmentação das baterias, resultando dessa operação três fluxos principais resíduos, a saber: caixas de materiais que carregam chumbo (numa proporção mássica aproximada de 60% de chumbo); cerca de 18% de óxido de chumbo; em torno de 12% de sulfato de chumbo; materiais plásticos e, ainda, ácido sulfúrico. (Santos, 2014, p. 26)

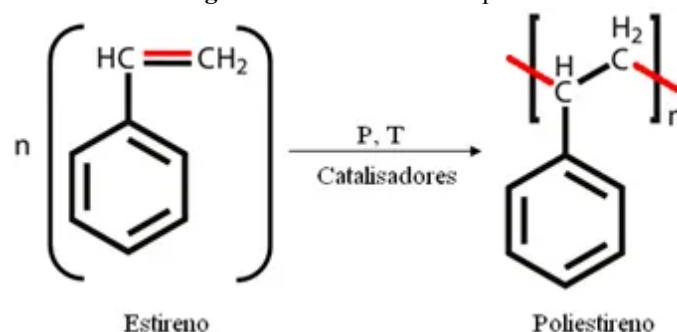
Para o **zinco**: o uso do zinco se dá em revestimentos e proteções de aços industriais (galvanização) em sua maioria, desta forma, a reciclagem do zinco é proveniente destes materiais, em grande parte, a partir da refusão de sucatas de aço galvanizado (em fornos de arco elétrico ou a partir da fundição de outros resíduos de cinzas que possuem zinco) (Santos, 2014). Um dos processos utilizados para a reciclagem do zinco é o processo Waelz, o qual oxida o zinco contido na fonte secundária, volatilizando-o e recuperando-o como zinco impuro (50-60%), consonante a Santos (2014).

- Isopor:

O isopor, ou poliestireno expandido (EPS) é um material resultante da polimerização do estireno (derivado do petróleo) em água, é constituído de 98% de ar e 2% de matéria-prima em massa, é amplamente aplicado como embalagens industriais, embalagens para conservação de produtos alimentícios, proteção de equipamentos, artigos de consumo, materiais para construção civil, isolante térmico, entre outros (Grote; Silveira, 2002).

Como já mencionado, as macromoléculas provêm de monômeros, e neste caso o poliestireno é proveniente do estireno conforme a Figura 13.

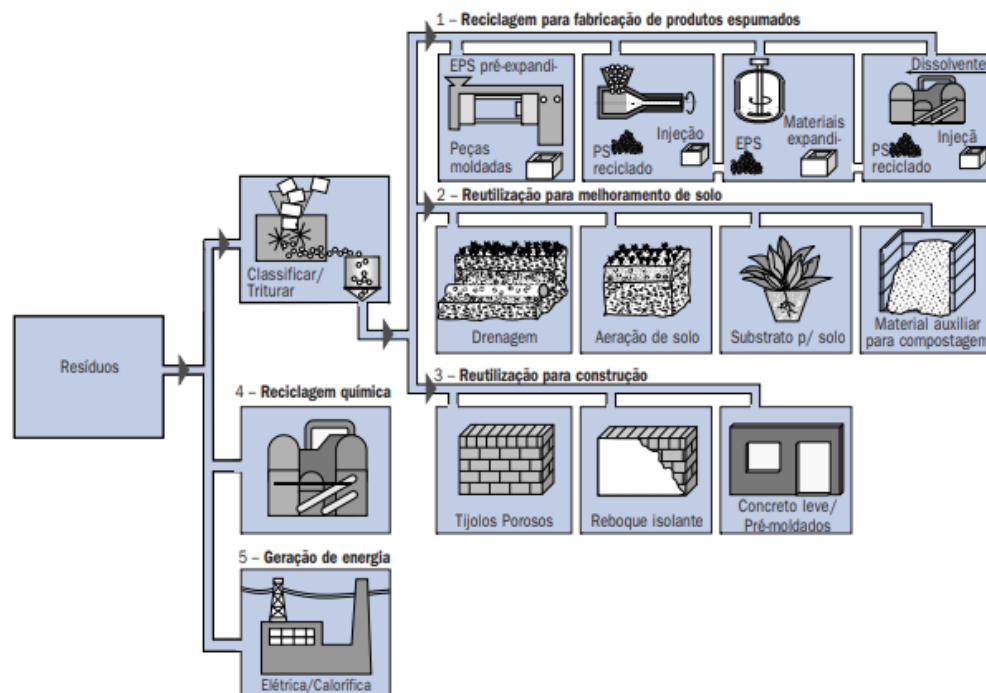
Figura 13 - Estrutura do isopor.



Fonte: Fogaça, [s.d].

Por fim, a reciclagem do isopor, mediante o exposto por Grote e Silveira (2002), pode ocorrer de diversas formas como o reprocessamento de rejeitos que são moldados em formato de blocos e injetados para formar novas embalagens, bem como, sua utilização como substratos para o melhoramento do solo, na construção civil, ou até mesmo gerar energia elétrica ou calorífica. A Figura 14, mostra o processo de transformação destes resíduos.

Figura 14 - Processos de reciclagem de resíduos à base de poliestireno expandido.

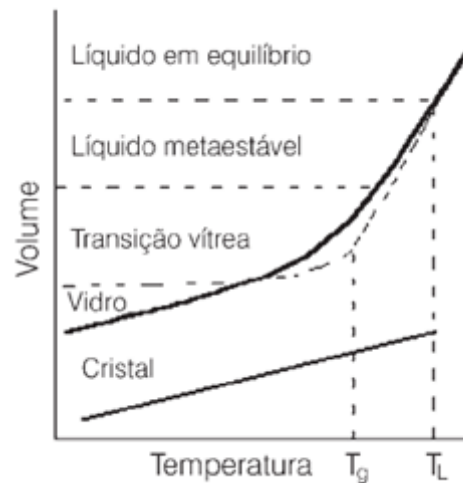


Fonte: Grote e Silveira (2002).

Ênfase para vidros:

Por definição, vidros são um estado fora do equilíbrio termodinâmico e cristalino da matéria que pode parecer sólido em um curto período de tempo, todavia, que relaxa continuamente em direção ao estado líquido (Zanotto; Mauro, 2017). Cineticamente, a explicação da formação de um vidro se dá por um diagrama, o Diagrama V-T (Temperatura x Volume) (Alves; Gimenez; Mazali, 2001).

Figura 15 - Diagrama V-T



Fonte: Alves, Gimenez e Mazali (2001).

T_L : Temperatura do Líquido

T_g : Transição Vítrea

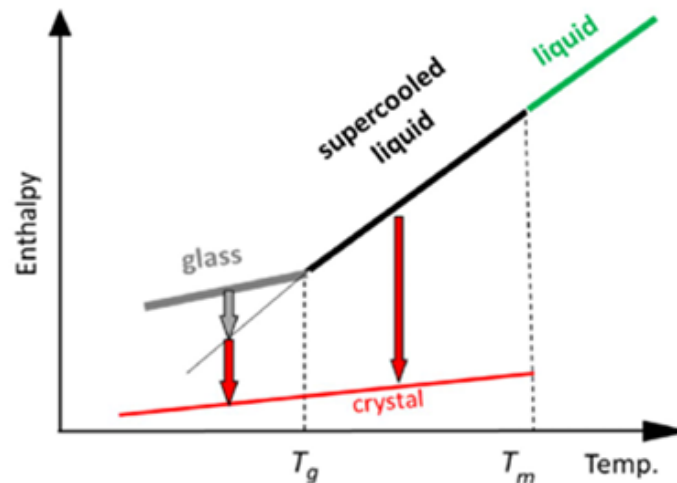
Um vidro possui um comportamento diferente de um cristal, o que ocorre mediante as suas diferenças estruturais, ou seja, um vidro possui uma estrutura desorganizada e um cristal, organizada (Alves; Gimenez; Mazali, 2001). A T_L é um ponto que demarca a região do equilíbrio metaestável, desse modo, quando um material se encontra abaixo dela, atravessa o equilíbrio metaestável (um equilíbrio termodinâmico incipiente) podendo cristalizar ou não (Alves; Gimenez; Mazali, 2001).

Durante a cristalização de um material os átomos que constituem as unidades estruturais começam a se organizar, levando então um certo período de tempo, consequentemente, quando se tem um resfriamento rápido, estas unidades não conseguem se organizar por completo, levando à formação de uma estrutura não cristalina (Alves; Gimenez; Mazali, 2001).

As temperaturas de transição vítrea podem variar de acordo com os constituintes da estrutura e ocorre devido à diminuição da mobilidade atômica quando a temperatura diminui, isto é, é um estado intermediário entre o líquido e o viscoelástico (Alves; Gimenez; Mazali, 2001). Além disso, a T_g apresenta variação com a taxa de aquecimento/resfriamento do material fundido, este fenômeno pode ser verificado a partir da caracterização térmica de materiais vítreos a partir da interpretação das medidas de Calorimetria Exploratória Diferencial (DSC). A DSC é uma técnica de análise térmica que tem por finalidade medir a diferença de calor absorvido ou liberado por um material.

Expondo a natureza dos vidros, Zanotto e Mauro (2017) deixam explícito um diagrama de entalpia em função da temperatura, conforme a Figura 16 a seguir.

Figura 16 - Diagrama esquemático de entalpia versus temperatura para uma substância formadora de vidro, mostrando quatro estados distintos: líquido (liquid), líquido super-resfriado (supercooled liquid), vidro (glass) e cristal (crystal).



Fonte: Zanotto e Mauro (2017).

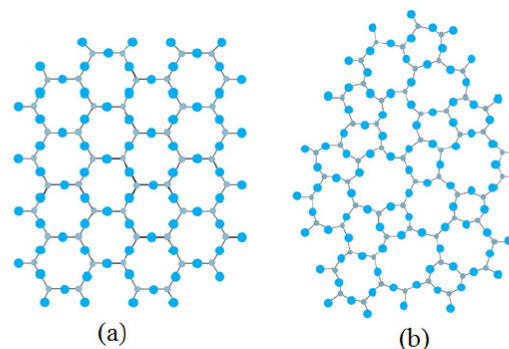
T_g : Temperatura de Transição Vítrea

T_m : Ponto de Fusão

Este diagrama esclarece que acima do ponto de fusão os líquidos são termodinamicamente estáveis e os líquidos super-resfriados que podem existir entre T_m e T_g são considerados metaestáveis (Zanotto; Mauro, 2017). É importante salientar que os vidros existem abaixo da temperatura de transição vítrea e são instáveis, o que leva a uma cristalização espontânea com o passar do tempo, tais cristais são sólidos cuja estrutura é organizada em curto, médio e longo alcance (Zanotto; Mauro, 2017).

Por conseguinte, as diferenças estruturais de materiais vítreos e cristalinos podem ser representadas a partir da Figura 17, e conforme ela, é notável que a organização dos materiais cristalinos, estruturalmente, é completa.

Figura 17 - Analogia bidimensional esquemática para salientar a diferença estrutural entre estrutura de um cristal (SiO_2 , quartzo) e a estrutura de um vidro (SiO_2 vítrea).



Legenda: (a) estrutura cristalina; (b) estrutura não cristalina, ou seja, estrutura de um vidro.

Fonte: Montesso (2012).

Neste caso, é importante revelar que a estrutura é composta de Silica (SiO_2) e segundo Silva e Filgueiras (2023), os átomos de silício (Si) estão no centro de um tetraedro que forma uma estrutura regular tridimensional e é o modelo estrutural mais utilizado para exemplificar a estruturação vítrea.

Entretanto, existem diversos tipos de vidros que variam conforme as espécies químicas presentes em sua composição. Alves, Gimenez e Mazali (2001) determinam que os vidros podem ser formados a partir de elementos como enxofre (S), selênio (Se), fósforo (P) e telúrio (Te), de óxidos como por exemplo o trióxido de diboro (B_2O_3), dióxido de germânio (GeO_2) e trióxido de di índio (In_2O_3), além de sulfetos como o trissulfeto de arsênio (As_2S_3), selenetos, teluretos, haletos como os vidros cloretos, nitratos, sulfatos, carbonatos, acetatos, compostos orgânicos simples como álcool etílico, glicerol, éter etílico e glicose, compostos orgânicos poliméricos como o poliestireno e ligas metálicas como Au_4Si , Pd_4Si .

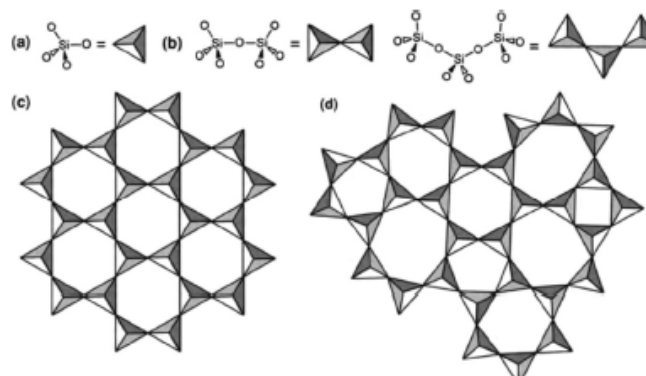
Mediante às diferenças estruturais, as propriedades e aplicações destes vidros podem mudar. Nalin *et al.* (2016) destaca os VOMP (Vidros Óxidos de Metais Pesados), ou seja, vidros fluoretos e vidros calcogenetos que podem ser aplicados como termometria, sensoriamento remoto e dispositivos militares que necessitam de vidros transparentes na região do infravermelho.

Os vidros fluoretos foram descobertos em meados do século XX, em específico os vidros de fluoreto de berílio que constituíam-se de alta toxicidade tornando-os pouco utilizados, entretanto em 1947, emergiu uma nova composição vítrea a partir de fluoreto de alumínio e à luz do que propõe Nalin *et al.* (2016), esta nova classe possibilitou inúmeras aplicações tecnológicas como a fabricação de fibras ópticas, lasers e amplificadores ópticos quando dopados com terras raras. Por conseguinte, é explícito por Nalin *et al.* (2016) os vidros calcogenetos que são constituídos por calcogênios do grupo VI da Tabela Periódica (S, Se e Te) ligados por meio de ligações covalente à formadores de rede como As, Ge e Sb, as aplicações mais notáveis destes vidros são nas áreas militar, médica e civil de maneira análoga às aplicações tecnológicas.

De acordo com Teixeira e Araújo (2022), os vidros também podem ser classificados em cinco grupos sendo os vidros de sílica fundida (ou quartzo), vidros de sodo-cálcico, borossilicatos, vidros de chumbo e de alumino-borosilicato.

O vidro de sílica fundida ou quartzo apresenta alta resistência química e térmica, mas exige temperaturas acima de 1500 °C para fundir, suas aplicações mediante Felisberto (2006), podem ser em laboratórios, aparelhos astronômicos e janelas de aeronaves. As estruturas do quartzo e do vidro podem ser representadas estruturalmente pela Figura 18.

Figura 18 - Os tetraedros de SiO_4 e as maneiras como eles podem associar-se. A estrutura rotulada como (c) corresponde a um arranjo regular, como ocorre na sílica. Já a estrutura (d) é desordenada, embora possa ter alguma microcristalinidade, como sucede nos vidros

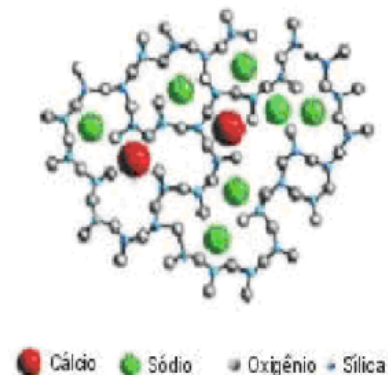


Fonte: Silva e Filgueiras, 2023.

Esta Figura ilustra a situação do quartzo, com a formação de cristais regulares e dos vidros, com cristais irregulares.

Os silicatos contêm óxidos de cálcio, sódio e alumínio, além de outros aditivos, sendo aplicados em janelas, garrafas, potes e antigos bulbos de TV (Teixeira; Araújo, 2022). A estrutura bidimensional é representada pela Figura 19, onde é possível notar que o sódio se liga ao oxigênio, quebrando algumas ligações, interrompendo a continuidade da rede, ou seja, alguns átomos de oxigênio não são mais compartilhados entre dois tetraedros, mas ligados somente a um átomo de silício (Babisk, 2009).

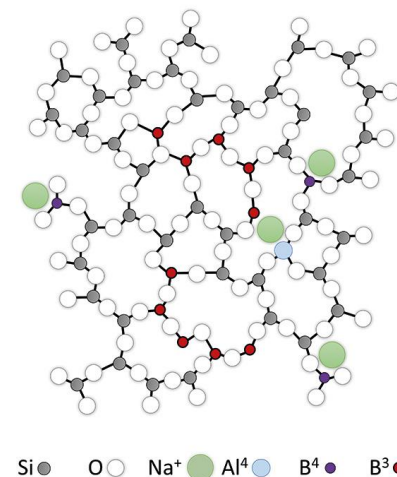
Figura 19 - Estrutura de um vidro silicato.



Fonte: Babisk, 2009.

Os borossilicatos são vidros que possuem óxido de boro (conhecidos popularmente por Pyrex), possuem resistência a altas temperaturas e choques, utilizado em indústrias químicas, lâmpadas e utensílios culinários (Teixeira; Araújo, 2022). A estrutura destes tipos de vidro é representada pela Figura 20, é notório que há átomos do elemento Boro (B) interligados à estrutura da sílica, bem como íons de outros elementos como Sódio (Na) e Alumínio (Al).

Figura 20 - Estrutura de um vidro borossilicato.



Fonte: Schott, [s.d].

O vidro de chumbo possui alto brilho, densidade e blindagem contra raios X, empregado em eletrônicos, termômetros, lâmpadas e selantes, sem risco significativo de toxicidade (Teixeira; Araújo, 2022). Por fim, o alumino-borossilicato inclui alumina, que evita deformação em altas temperaturas, sendo comum na indústria farmacêutica, vitrocerâmicas, fibras de vidro e lâmpadas especiais (Teixeira; Araújo, 2022).

Conforme a composição dos vidros ou pela presença de impurezas (geralmente metais), pode-se notar uma mudança em sua coloração. A presença de alguns elementos que são dissolvidos nos vidros pode interferir na luz que o atravessa, podendo fragmentar a radiação, conferindo a passagem de comprimentos de onda específicos (Felisberto, 2006).

À título de demonstração, tem-se os vidros de coloração acinzentada, bronze e verdes muitas vezes implementados em vitrais, permitem a passagem da luz que ilumina seu interior e impede a passagem de radiação infravermelha e controlam o conforto térmico do ambiente (Felisberto, 2006).

Para melhor demonstrar, visualmente, a Figura 21 traz diversos tipos de vidros de diferentes composições e suas cores.

Figura 21 - Coloração dos vidros de acordo com sua composição.



Fonte: Adaptado de Brunning, 2015.

Em consonância com Felisberto (2006), diversos óxidos colorantes são empregados na fabricação de vidros comerciais, sendo a coloração resultante dependente da valência assumida pelo elemento químico:

- O cobalto, por exemplo, apresenta coloração azul escuro na forma Co^{2+} e azul violeta como Co^{3+} ;
- O níquel varia de amarelo amarronzado (Ni^{2+}) a marrom escuro (Ni^{3+});
- O cromo pode conferir verde (Cr^{3+}) ou verde amarelado (Cr^{6+});

- O cobre vai de incolor (Cu^+) a azul (Cu^{2+});
- O ferro pode ser verde azulado (Fe^{2+}) ou verde amarelado (Fe^{3+});
- O manganês apresenta tonalidades que vão de incolor (Mn^{2+}) a rosa violácea (Mn^{3+}) ou violeta (Mn^{4+} e Mn^{6+});
- O selênio pode ser rosa (Se) ou incolor em diferentes valências (Se^{2-} , Se^{4+} e Se^{6+});
- O cádmio (Cd^{2+}) gera coloração marrom;
- O neodímio (Nd^{2+}) é rosa violácea;
- O enxofre confere cor âmbar (S^{2-}) ou incolor (S^{6+}).

No que se diz respeito à reciclagem de vidros, pode-se notar que no Brasil, a produção diária de resíduos em 2022 era de 224 mil toneladas, correspondente a uma produção estimada de 1043 kg de resíduo per capita referente a 81,8 milhões de toneladas ao longo do ano (ABRELPE, 2022). Mediante à apreensão associada à consciência ambiental, surgiu em 2010 a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), instituída pela Lei 12.305 (Brasil, 2010).

De acordo com a Lei Federal nº 12.305/2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), os resíduos sólidos podem ser classificados conforme sua origem. Entre as categorias previstas estão: resíduos domiciliares, provenientes de residências; resíduos de limpeza urbana, resultantes de atividades como varrição de vias; resíduos sólidos urbanos, que englobam tanto os domiciliares quanto os de limpeza urbana; resíduos de estabelecimentos comerciais e de prestadores de serviços; resíduos oriundos de serviços públicos de saneamento básico; resíduos industriais, gerados nos processos produtivos; resíduos de serviços de saúde; resíduos da construção civil; resíduos agrossilvopastoris, provenientes de atividades agropecuárias e silviculturais; resíduos de serviços de transporte; e resíduos da mineração (Brasil, 2010).

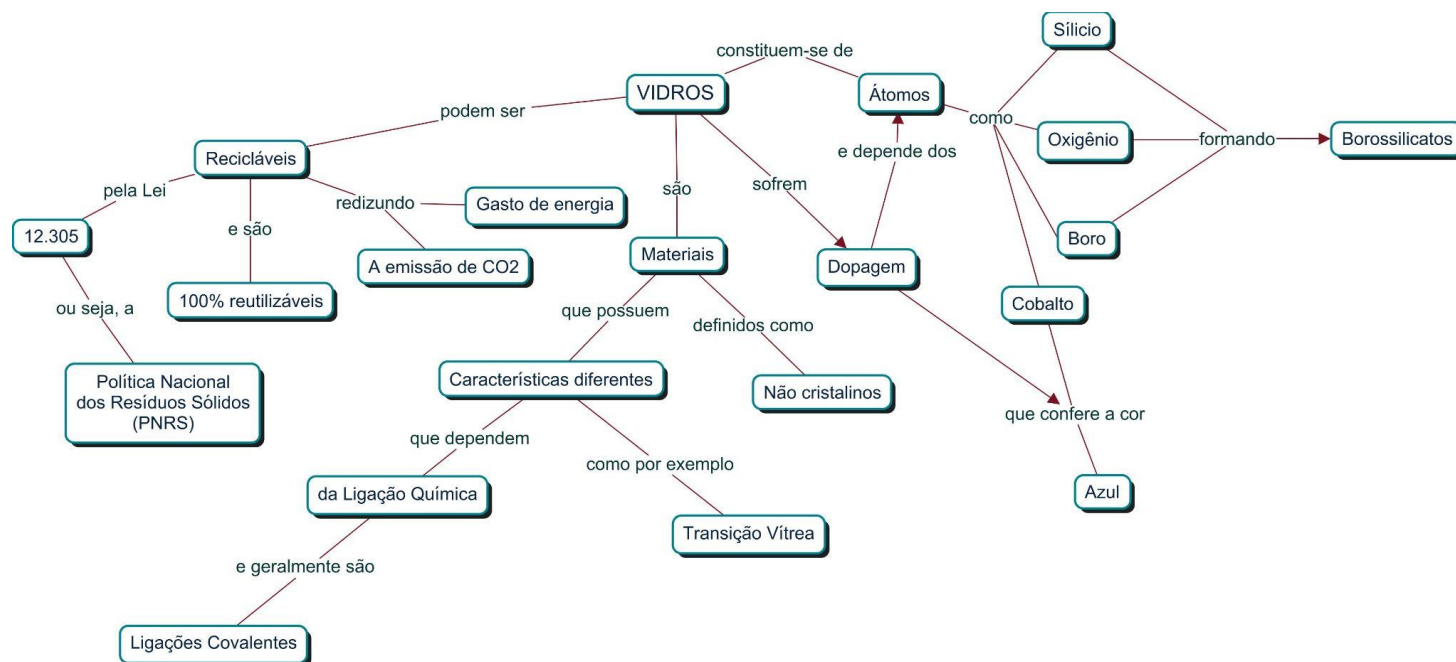
É importante citar que, em congruência com a Associação Brasileira das Indústrias de Vidro Abividro (2018), a cada 1 kg de vidro reciclado, produz-se 1 kg de vidro novo, diminuindo assim a emissão de gás carbônico (CO_2) proveniente da extração de matéria-prima, em 100.000 toneladas e economizando cerca de 40% de energia.

Perfil conceitual ou desenvolvimento histórico do conceito principal da UDM

Desenvolvimento Histórico dos Vidros:

4.000 a.C: Presença de vidros em tumbas de Faraós no Egito (Zanotto, 1989);
 3.000 a.C: Descoberta dos vidros pelos Fenícios (Giovanni, 1992);
 2.500 a.C: Origem mesopotâmica do fábriço do vidro (Silva; Filgueiras, 2023);
 1.400 a.C: A técnica da fabricação de vidros direcionou-se ao Egito (Silva; Filgueiras, 2023);
 300 a.C: Surgimento do vidro soprado no Oriente Próximo e o vidro romano no Império Romano (Silva; Filgueiras, 2023);
 79 d.C: Descrição do fábriço do vidro pelos romanos na obra “História Natural” de Plínio, o Velho (Silva; Filgueiras, 2023);
 476 d.C a 1453 d.C (Idade Média): Criação de vitrais coloridos (para igrejas e castelos) por vidreiros do ocidente (Silva; Filgueiras, 2023);
 Séc. XIV a XVI (Renascença): Inserção de vidros em laboratórios alquímicos e químicos (Silva; Filgueiras, 2023);
 Séc. XVIII: Vidros utilizados por Lavoisier em laboratórios (Silva; Filgueiras, 2023);
 Séc. XIX: Produção em massa de aparelhos científicos de vidro, com a iniciativa de Gay-Lussac para fabricar em escala industrial (Silva; Filgueiras, 2023);
 Atualidade: Utilização de materiais vítreos nas mais variadas formas em sociedade, como em construções civis (edifícios e vitrais), medicina (biovidro, tratamentos de doenças e tomografia), tecnologia (fibra óptica, telas de celulares, televisões e de diversos aparelhos), arte e cotidiano (janelas, portas, garrafas, lâmpadas e utensílios em geral).

Esquema conceitual científico sobre o conteúdo conceitual da UDM
(mapa conceitual)



Fonte: Elaboração Própria.

Referências

(de acordo com ABNT NBR 6023)

- ALVES, O. L.; GIMENEZ, I. F.; MAZALI, I. O. Vidros. **Química Nova na Escola**, ed. Especial, 2001.
- BABISK, M. P. **Desenvolvimento de vidros sodo-cálcicos a partir de resíduos de rochas ornamentais**. Dissertação (Mestrado) – Instituto Militar de Engenharia. Rio de Janeiro, 2009.
- BLAZUS, A.; HORA, A. B.; LEITE, B. G. P. Panorama de mercado: celulose. **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, n. 32, set. 2010, p. 311-370. Disponível em: <https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/1763>. Acesso em: 08 de Setembro de 2025.
- BRACELPA – **Associação Brasileira de Celulose e Papel**. Relatório Estatístico 2011/2012. São Paulo: BRACELPA, 2011. Disponível em: <http://www.bracelpa.org.br/bra2/sites/default/files/estatisticas/rel2011.pdf>. Acesso em: 18 Agosto de 2025.
- BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, ano 147, n. 148, p. 3-7, 3 ago. 2010.
- BRUNNING, A. *The Chemistry of Coloured Glass*. **Compound Interest**, 3 mar. 2015. Disponível em: <https://www.compoundchem.com/2015/03/03/coloured-glass/>. Acesso em: 15 de Agosto de 2025.
- COLTRO, L.; GASPARINO, B. F.; QUEIROZ, G. DE C. Reciclagem de materiais plásticos: a importância da identificação correta. **Polímeros**, v. 18, n. 2, p. 119–125, abr. 2008.
- FELISBERTO, C. B. **Rendimento e cor de selênio e seus compostos na coloração de vidros sodo-cálcicos**. Dissertação de Mestrado - USP, 2006. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3133/tde-19042007-141556/publico/DissertacaoVRev.pdf>. Acesso em: 29 de Julho de 2025.
- FOGAÇA, J. R. V. **Poliestireno**. Mundo Educação. UOL, [s.d.]. Disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br/quimica/poliestireno.htm>. Acesso em: 30 ago. 2025.
- GIOVANNI, M. **O vidro: os estilos na arte**. São Paulo, Martins Fontes, 1992.
- GROTE, Z. V.; SILVEIRA, J. L. Análise energética e exergética de um processo de reciclagem de poliestireno expandido (Isopor). **Revista Mackenzie de Engenharia e Computação**, Ano 3, n. 3, p. 9-27, 2002.
- JÚNIOR, O. N.; GUADAGNIN, M. R. A função de empresa aparista na cadeia de reciclagem de papel e papelão no sul catarinense. **IX Simpósio de Qualidade Ambiental**, Porto Alegre - RS, 19 a 21 de maio de 2014. Disponível em: <http://repositorio.unesc.net/handle/1/2402>. Acesso em: 18 de Agosto de 2025.

- MACEDO, V. B.; ZIMMERMANN, M.; SCIENZA, M.; ZATTERA, A. **HIDROFOBIZAÇÃO DE FIBRAS DE CELULOSE DE PINUS E SUA INFLUÊNCIA NA SORÇÃO DE ÓLEO**, 2014. Disponível em: https://www.researchgate.net/figure/Moleculas-de-celulose-unidas-por-ligacoes-glicosidicas-adaptado-de-Klemm-et-al-6_fig1_273413753. Acesso em: 27 de Agosto de 2025.
- MICHAELI, W. **Tecnologia dos plásticos**. 1. ed. São Paulo: Blucher, 1995. *E-book*. Disponível em: <https://plataforma.bvirtual.com.br>. Acesso em: 30 ago 2025.
- Ministério da Educação. BNCC: Ensino Médio**. Brasil, 2018.
- MONTESSO, M. **Vidros óxidos de metais pesados contendo nanopartículas de metais de transição, para aplicações em fotônica**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de São Carlos, 2012.
- NALIN, M. et al. Materiais Vítreos e a Luz: Parte 1. **Química Nova**, v. 39, n. 3, p. 328-339, abr. 2016.
- ROZENBERG, I. M. **Química geral**. São Paulo, SP: Blucher, 2002. *E-book*. Disponível em: <https://plataforma.bvirtual.com.br>. Acesso em: 30 ago 2025.
- SANTOS, R. L. C. **Tópicos sobre a reciclagem de metais e sustentabilidade**. Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2014.
- SECRETARIA DA EDUCAÇÃO DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Escopo-Sequência 2025**. São Paulo: SEDUC-SP, 2025. Disponível em: <https://repositorio.educacao.sp.gov.br/>. Acesso em: 16 set. 2025.
- SILVA, W. T.; FILGUEIRAS, C. A. L. O Vidro e sua Importância na Vida e na Química. **Química Nova**, v. 46, n. 5, p. 491-501, 2023.
- SCHOTT. **Vidro de borossilicato BOROFloat para para-brisas**. Disponível em: <https://www.schott.com/pt-br/especializacao/aplicacoes/vidro-borossilicato-borofloat-para-para-brisas> . Acesso em: 30 ago. 2025.
- SOUSA, D. C. V. et al. A Importância da Reciclagem do Papel na melhoria da Qualidade do Meio Ambiente. **XXXVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, João Pessoa/PB, Brasil, 03 a 06 de outubro de 2016.
- SOUZA, P. P.; SILVA, G. G.; AMARAL, L. O. F. **O Cotidiano é Meio Amorfo: Transição Vítreo, uma abordagem para o Ensino Médio**. Química Nova na Escola, n. 20, p. 21 a 25, 2004.
- TEIXEIRA, F. T. V.; ARAÚJO, S. W. Tintas e suas Aplicações: Conceitos, Tecnologias e Possibilidades. **UFVJM**, Diamantina - MG, 1 ed, 2022.

ZANOTTO, E. **Vidros: Arte, Ciência e Tecnologia de 4000 a.C. a 2000 d.C.**. Engenharia de Materiais (1989).

ZANOTTO, E.; MAURO, J. C. The glassy state of matter: Its definition and ultimate fate. **Journal of Non-Crystalline Solids**, v. 471, p. 490-495, 2017.

ANÁLISE DIDÁTICO-PEDAGÓGICA

Concepções alternativas de estudantes sobre os conteúdos da UDM

As concepções alternativas mais comuns sobre o tema **ligações químicas** são agrupadas em i) confusão entre ligação iônica e covalente; ii) antropomorfismos; iii) regra do octeto; iv) **geometria** das moléculas e polaridade; e v) **representação das ligações**, segundo Fernandez e Marcondes (2006).

O primeiro tópico, referente à confusão que os alunos fazem quanto aos conceitos de ligação iônica e ligação covalente, ocorre pois, para alguns alunos, os compostos iônicos existem como moléculas discretas, como ocorre com os compostos covalentes e dessa forma, eles entendem que as ligações iônicas seguem as mesmas regras das ligações covalentes. Já os antropomorfismos, pelos mesmos autores, ocorrem quando os alunos justificam os conceitos mediante aspectos antropomórficos (ou seja, quando atribuem características ou comportamentos humanos a objetos inanimados), *i.e.*, “o carbono faz quatro ligações” ou “átomos precisam de camadas preenchidas” (Fernandez; Marcondes, 2006).

No que se diz respeito à regra do octeto, as concepções que os discentes têm estão relacionadas às ideias de que as ligações covalentes mantém a união dos átomos por meio do compartilhamento de elétrons e a iônica pela transferência de elétrons e não pela atração dos íons que resultam desta transferência. A geometria das moléculas e a polaridade são responsáveis pelas concepções advindas da dificuldade de visualização das moléculas tridimensionalmente e também por falta de conceitos anteriores (Fernandez; Marcondes, 2006).

Finalmente, os ideais dos estudantes sobre as representações de reações químicas, isso confere ideias aditivas ao invés de interativas das substâncias, Fernandez e Marcondes (2006) descrevem alguns exemplos como ao representar o composto Cl_2O como sendo constituído por duas partes, uma de Cl_2 e uma de O.

Também, é importante citar as concepções alternativas que os estudantes costumam ter quando o tema é **substâncias e compostos**. Furió-Más e Domínguez-Sales (2007) enfatizaram as principais dificuldades que os discentes têm relacionadas à composição dos materiais, sendo elas:

- Confundir os conceitos de substância simples e elemento químico;
- Existir uma barreira entre a matéria, por exemplo, os gases comportam-se de maneira diferentes de sólidos e líquidos, o que causa dificuldades no entendimento do comportamento da matéria;
- Assimilar “substância” como “substância simples” ao invés de compreendê-la como um composto;
- As misturas são consideradas como substâncias compostas, pois não possuem as propriedades dos seus precursores;
- Confusão para entender os processos de formação (exemplo de ligas, vidros e soluções).

Furió-Más, Domínguez-Sales e Guisasaola (2012) salientam as dificuldades dos alunos mediante o que se refere ao tema substâncias e misturas como quando:

- Não são capazes de conceituar a substância como um sistema submicroscópico formado por partículas iguais;
- Tendem a reduzir o conceito de substância ao de substância simples, ou seja, um corpo formado pelo mesmo tipo de átomos;
- Os alunos não conseguem diferenciar um material (misturas em geral) de substâncias, já que estes dois termos são utilizados como sinônimos no cotidiano.

**Obstáculos epistemológicos
particulares relacionados aos
conteúdos da UDM**

Obstáculo da experiência primeira

Obstáculo verbal

Obstáculo substancialistas

Obstáculo realista

Obstáculo animista

Definindo brevemente os 5 obstáculos epistemológicos:

O **obstáculo da experiência primeira** é colocado antes e acima da crítica (Bachelard, 1996). Este obstáculo advém do senso comum, e por exemplo ocorre muitas vezes em aulas experimentais.

Lopes (2007) define o **obstáculo animista** como a antropomorfização do conhecimento, isto é, a atribuição de vida ao inanimado.

O **obstáculo realista** é descrito como a dificuldade de compreender além do que se é observado acarretando a comparações errôneas entre o macro e o micro (Lopes, 2007).

Já o **obstáculo verbal** se dá pela utilização de termos equivocados do cotidiano para definir conceitos científicos (Lopes, 2007).

Por fim, o **obstáculo substancialista** é quando afirma-se que alguma propriedade de uma substância é pertencente a ela independente do seu estado físico (Lopes, 2007).

Para o tema da UDM pode-se designar o seguinte:

- **Obstáculo da experiência primeira:** os alunos tendem a associar que os vidros incolores são constituídos de um só elemento ou que sejam cristais, por exemplo, não entendem a diferença entre a estrutura de um cristal de NaCl da estrutura de um vidro (constituído de sílica);
- **Obstáculo animista:** assimilar que os átomos “gostam” de outros átomos (para representar atração eletrostática presente em ligações covalentes) como se eles tivessem vontade própria;
- **Obstáculo realista:** o aluno tende a ter dificuldade sobre a dopagem dos vidros, ou seja, sobre como estes adquirem coloração, muitas vezes entendem que é por meio de corantes e não pela adição óxidos de metais de transição em sua composição, além da dificuldade em entender a diferença entre as cores absorvidas e refletidas;
- **Obstáculo verbal:** a utilização do termo “cristal” para se referir a vidros é comumente utilizado (de forma equivocada) pelos alunos e no meio social e comercial;
- **Obstáculo substancialista:** o aluno pode ter dificuldades em entender o efeito da adição dos metais de transição na coloração dos vidros, como o exemplo a coloração do ouro em que os alunos compreendem que o átomo de ouro possui a coloração dourada e não que isto seja uma consequência de um aglomerado de átomos.

Implicações para o ensino dos conteúdos de ensino da UDM Aspectos a evitar e a reforçar	Aspectos a Evitar: - Evitar a abordagem do termo cristal para se referir a um vidro comercial (geralmente dopados com chumbo); - Evitar o termo “substância pura” para se referir a substâncias; - Evitar os conceitos “gostam” ou “querem” quando a explicação for sobre atrações e repulsões entre os átomos (presentes, por exemplo, em ligações químicas). Aspectos a Reforçar: - A diferença entre as estruturas de cristais e de vidros; - Reforçar que a coloração dos vidros é feita a partir da adição de óxidos de outros elementos (como os metais de transição); - Reforçar que o vidro geralmente é composto de sílica (SiO_2), sendo assim, os vidros transparentes não são compostos de somente um elemento; - A visualização das estruturas tri ou bidimensionais, para melhor entendimento da organização das estruturas cristalinas e não cristalinas.
Referências (de acordo com ABNT NBR 6023)	BACHELARD, G. A formação do espírito científico. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996. FERNANDEZ, C.; MARCONDES, M. E. R. Concepções dos Estudantes sobre Ligação Química. Química Nova na Escola, n. 24, p. 20-24, 2006. FURIÓ-MÁS, C.; DOMÍNGUEZ-SALES, M.C. Problemas Históricos y Dificultades de los Estudiantes en la Conceptualización de Sustancia y Compuesto Químico. Enseñanza de las ciencias, v.25, n.2, p. 241-258, 2007. FURIÓ-MÁS, C. DOMÍNGUEZ-SALES, M.C; GUIASOLA, J. Diseño e Implementación de una Secuencia de Enseñanza para Introducir los Conceptos de Sustancia y Compuesto Químico. Enseñanza de las ciencias, v.30, n.1, p. 113-128, 2012. LOPES, A. C. Currículo e Epistemologia. Ijuí: Editora Ijuí, 2007. p. 137-174.

ABORDAGEM METODOLÓGICA

Princípios teórico-metodológicos da abordagem escolhida
(teoria psicológica, teoria pedagógica, visão de ciência, função do sistema educacional e forma de organização e condução do ensino - funções que professor e aluno desempenham no processo de ensino e aprendizagem)

A metodologia de ensino escolhida é fundamentada nos Três Momentos Pedagógicos (3MP).
A metodologia do ensino é caracterizada como um conjunto de princípios e diretrizes sociopolíticos, epistemológicos e psicopedagógicos a fim de direcionar o processo de ensino e aprendizagem (Manfredi, 1993).

Os princípios sociopolíticos podem ser definidos a partir da concepção de homem, mundo e sociedade que a abordagem é constituída, além dos objetivos, função da educação, da escola e da sociedade (Manfredi, 1993).

- Princípios Sociopolíticos

Homem: segundo Freire (2015), o homem pode ser entendido como pessoa sem consciência quando estão na condição de oprimidos, todavia, deveriam estar na condição de conscientes e críticos.

Mundo: o mundo é visto como em constante transformação, sendo assim, a abordagem considera diversas áreas como a cultural, social, histórica e científica. O mundo não é visto como partes isoladas, mas sim, como um todo.

Sociedade: o ensino deve estar fundamentado na cultura e na realidade que os discentes trazem ao ambiente escolar. Freire (2015) afirma que o ensino de ciências crítico articulado à prática social é um processo notoriamente importante para a formação dos cidadãos, proporcionando assim, a interpretação e transformação do mundo.

Função da educação: a educação deve partir das vivências dos alunos, trazendo situações do cotidiano a fim de instigar a busca pelo conhecimento, além da formação de indivíduos críticos que são vistos como agentes transformadores capazes de questionar e propor mudanças. Muenchen e Delizoicov (2014) enfatizam que no caso da produção do livro “Física”, teve-se um desdobramento focado no mundo vivido pelo educando e que tem origem em um temática central e a abordagem conceitual foi realizada ao longo das atividades que foram sendo propostas. Dessa forma é subentendido que esta abordagem tende a superar o cotidiano dos alunos inserindo os conceitos científicos por meio das aulas que serão ministradas. Por fim, a educação tem função de auxiliar a superação da visão ingênua que os discentes têm do mundo desenvolvendo assim, uma consciência crítica.

Função da escola: a função da escola é proporcionar um espaço para a socialização dos alunos, além de garantir acesso ao conhecimento científico produzido pela humanidade, a fim de desenvolver nos alunos a criticidade por meio de uma abordagem científica dos fenômenos e acontecimentos da realidade.

Já os princípios epistemológicos, conforme Manfredi (1993), abordam as visões de ciência, como se dá a produção da ciência (e por quem) e como a metodologia de ensino relaciona os conhecimentos científicos com os conhecimentos escolares.

- Princípios Epistemológicos

Visões de Ciências: a Ciência é compreendida como produção humana, historicamente localizada, não é neutra, não é cumulativa, não é feita por gênios isolados, não é dogmática (sempre correta e sem possibilidade de mudança), não é

neutra, possui interesses das classes dominantes e/ou do grupo que possui mais recursos. A Ciência é construída por pessoas normais, homens, mulheres, brancos, negros, pardos, amarelos, que trabalham em conjunto para o avanço desta.

Como a Ciência é produzida: a produção do conhecimento científico é uma atividade humana histórica e socialmente determinada que abrange as transformações da natureza a fim de compreendê-las. Dessa forma, o conhecimento científico deve passar por um processo de validação por pares, isto é, pela comunidade científica e é produzido por pessoas comuns, devendo então ser acessível para todos (Delizoicov; Angotti; Pernambuco, 2002).

Como se dá a relação do conhecimento científico com o escolar: o conhecimento científico é aquele que está sendo feito no estado da arte, por pessoas comuns e passando por um processo de validação, como já mencionado. No entanto, o conhecimento que está dentro do ambiente escolar é um conhecimento que passa por uma transposição didática para ser mais acessível aos alunos. No entanto, deve-se tomar certos cuidados para não reforçar visões deformadas da Ciência e do trabalho científico. Os 3 momentos pedagógicos têm como característica a apresentação dos assuntos não como fatos a serem memorizados, mas sim como problemas a serem resolvidos que são propostos a partir das experiências e vivências de cada aluno e isso propicia que a compreensão dos problemas seja por meio dos conhecimentos que os alunos ainda não detêm (Muenchen; Delizoicov, 2014).

A perspectiva dos Três Momentos Pedagógicos é respaldada no conhecimento científico como ferramenta que permita que o aluno seja capaz de solucionar um problema ou mesmo que compreenda os fenômenos que convive de maneira mais complexa, mais especificamente, que criem um vínculo com as situações experienciadas pelos alunos (Delizoicov; Angotti; Pernambuco, 2002).

Por fim, os princípios psicopedagógicos tratam da função do docente, como deve ocorrer a relação professor-aluno, como os alunos aprendem e qual o método usado para ensiná-los (Manfredi, 1993).

- Princípios Psicopedagógicos

Função do professor: o docente é incumbido de organizar as atividades de ensino e mediar o processo de ensino e aprendizagem, criando assim um espaço de possíveis ações e reflexões (Delizoicov; Angotti; Pernambuco, 2002).

Relação professor-aluno: deve ser horizontal na qual professor e aluno aprendem e ensinam conjuntamente. As pessoas aprendem durante toda a sua vida, dentro e fora do ambiente escolar (Delizoicov; Angotti; Pernambuco, 2002).

Como os alunos aprendem: aprender é um processo que ocorre internamente nas pessoas, ou seja, o aprendizado é fruto das ações e experiências deles, portanto, a produção do conhecimento se dá pelas necessidades, interesses, vontades, ou mesmo coerção e a aprendizagem é descrita pelos mesmos fatores (Delizoicov; Angotti; Pernambuco, 2002).

Como ensinar: esta abordagem metodológica foi designada ao final da década de 1990 por Delizoicov e Angotti e é baseada no ideal da organização do ensino em três etapas distintas, isto é, **a problematização inicial, organização do conteúdo e a aplicação do conhecimento** (Delizoicov; Angotti; Pernambuco, 2002).

Esmiuchando cada momento da abordagem metodológica escolhida:

	A problematização inicial é feita por meio de indagações realizadas pelo professor baseadas em situações reais dos alunos e tem o propósito de levar à reflexão e exposição dos pensamentos dos alunos, podendo assim, identificar fragilidades e defasagens do conhecimento. Mediante o explícito por Muenchen e Delizoicov (2014), são apresentadas questões reais que os alunos conhecem e que envolvem o tema da aula a fim de desafiá-los a expor seus pensamentos para solucionar estas questões e para os autores a finalidade é que os alunos precisem adquirir novos conhecimentos para tal resolução. À título de exemplo, para problematizar o tema de materiais e suas propriedades poderia-se iniciar a aula com uma sequência de questões problematizadoras ou um estudo de caso sobre o tema, a fim de engajar os alunos e fazê-los perceber que só com os conhecimentos do dia-a-dia não é possível responder ou resolver a situação problema em sua totalidade, ou seja, o primeiro momento deve levar os alunos a sentirem uma necessidade de adquirir mais conhecimentos (no caso os científicos). Sucessivamente, a organização do conhecimento é a definição dos conceitos, pelo docente, que levam à compreensão do tema e da problematização realizada anteriormente e então diversas atividades podem ser elaboradas a fim de desenvolver a conceituação e assimilação das situações problematizadas. Dessa forma, como o foco principal dessa UDM é sobre vidros, suas características, propriedades e reciclagem, é preciso organizar os conceitos científicos relacionados ao tema nesta etapa das sequências didáticas, trazendo os conteúdos científicos mais importantes. Isso pode ser feito de várias formas e usando-se várias estratégias didáticas, que veremos mais adiante. Em última instância, a aplicação do conhecimento. Esta, com finalidade de tornar os alunos capazes de empregar o que foi anteriormente desenvolvido, relacionando o conhecimento científico com a realidade (Muenchen; Delizoicov, 2014). A aplicação do conhecimento pode ser feita de diversas formas, como por meio de atividades avaliativas, experimentações, jogos, resolução de exercícios sobre o tema, dentre outros meios. Portanto, espera-se que a metodologia de ensino pautada nos Três Momentos Pedagógicos revele-se uma metodologia de ensino eficaz para abordar a temática de vidros e sua reciclagem, permitindo a análise de aspectos científicos e socioambientais que extrapolam os limites do livro didático e da aula expositiva tradicional. Tal abordagem visa, ainda, favorecer o desenvolvimento, por parte dos estudantes, do raciocínio crítico necessário à compreensão dos processos químicos envolvidos na reutilização do vidro, bem como à reflexão sobre as implicações ambientais e sociais dessa prática.
Referências (de acordo com ABNT NBR 6023)	DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A. Física. São Paulo: Cortez, 1990. DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A.; PERNAMBUCO, M. M. Ensino de ciências: fundamentos e métodos. São Paulo: Cortez, 2002. FREIRE, P. Pedagogia do Oprimido. 57 ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2015. MANFREDI, S. M. Metodologia do ensino: diferentes concepções. Campinas - SP, UNICAMP, 1993.

	MUENCHEN, C. DELIZOICOV, D. Os três momentos pedagógicos e o contexto de produção do livro “Física”. Ciência & Educação (Bauru) , Bauru, v. 20, p. 617-638, 2014.
--	--

TÍTULO, OBJETIVOS DE APRENDIZAGEM E SEQUÊNCIAS DIDÁTICAS	
Título da UDM	Entre a Ciência dos Materiais e a Sustentabilidade: Propriedades e Reciclagem de Vidros
Objetivos previstos em Orientações Curriculares Oficiais	As orientações contidas na Base Nacional Comum Curricular (BNCC) e no Currículo Paulista que melhor se encaixam quando refere-se ao tema “Materiais e Propriedades”, ou seja, papel, papelão, plástico, vidro, metal, e isopor, são: i) Para a competência específica 1: Analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas interações e relações entre matéria e energia, para propor ações individuais e coletivas que aperfeiçoem processos produtivos, minimizem impactos socioambientais e melhorem as condições de vida em âmbito local, regional e global. (EM13CNT104) Avaliar os benefícios e os riscos à saúde e ao ambiente, considerando a composição, a toxicidade e a reatividade de diferentes materiais e produtos, como também o nível de exposição a eles, posicionando-se criticamente e propondo soluções individuais e/ou coletivas para seus usos e descartes responsáveis. (BNCC, 2018, p. 555) ii) Para a competência específica 2: Analisar e utilizar interpretações sobre a dinâmica da Vida, da Terra e do Cosmos para elaborar argumentos, realizar previsões sobre o funcionamento e a evolução dos seres vivos e do Universo, e fundamentar e defender decisões éticas e responsáveis. (EM13CNT206) Discutir a importância da preservação e conservação da biodiversidade, considerando parâmetros qualitativos e quantitativos, e avaliar os efeitos da ação humana e das políticas ambientais para a garantia da sustentabilidade do planeta. (BNCC, 2018, p. 557) iii) Para a competência específica 3: Investigar situações-problema e avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico e suas implicações no mundo, utilizando procedimentos e linguagens próprios das Ciências da Natureza, para propor soluções que considerem demandas locais, regionais e/ou globais, e comunicar suas descobertas e conclusões a públicos variados, em diversos contextos e por meio de diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC). (EM13CNT307) Analisar as propriedades dos materiais para avaliar a adequação de seu uso em diferentes aplicações (industriais, cotidianas, arquitetônicas ou tecnológicas) e/ou propor soluções seguras e sustentáveis considerando seu contexto local e cotidiano. (BNCC, 2018, p. 559) As habilidades escolhidas abrangem o tema “Materiais e Propriedades” como um todo, dessa forma, englobam também o tema escolhido para esta UDM “Reciclagem de Vidros e suas Propriedades”. Por meio dos documentos oficiais é possível observar que o conteúdo “Materiais e Propriedades” pode ser ensinado para os alunos do Ensino Médio e deve estar alinhado às competências e habilidades acima descritas. Consequentemente, a Tarefa 2 contém os conteúdos voltados para todos os materiais que podem ser reciclados (e suas propriedades) com finalidade de embasar o docente na explicação e servir de base para eventuais discussões em sala de aula, dessa forma, este trabalho faz uso breve destes conceitos porque o interesse principal é a disseminação dos conhecimentos científicos voltados aos vidros, materiais cujo tempo de degradação muitas vezes é indeterminado dependendo de sua composição tornando assim, tão relevante o seu entendimento.

Objetivo de aprendizagem da UDM	Avaliar quimicamente a estrutura e propriedades dos vidros com foco nos conceitos de reciclagem, criticando as leis atuais e as formas de reciclagem deste material.		
Título das SD*	Objetivo de aprendizagem das SD	Conteúdo Programático das SD	Tempo Aproximado (em aulas)
1: Propriedades que Transformam: A Ciência da Reciclagem	Entender a problemática exposta pelo docente, isto é, quais materiais podem ser reciclados e o impacto que estes materiais têm ao serem descartados de maneira incorreta no ambiente, comparando os diferentes materiais reciclados e sua reciclagem.	Problemática Inicial (1º momento pedagógico): - Exposição dos diferentes tipos de materiais (Papel, papelão, plástico, vidro, materiais cristalinos, metal e isopor).	1 aula (50 minutos)
2: Muito Além da Transparência: Conhecendo os Tipos de Vidros	Analisar as diferenças estruturais de materiais cristalinos e não cristalinos, diferenciando os tipos de vidros e identificando-os através de sua coloração por meio do Jigsaw e organizando o conhecimento sobre a reciclagem dos resíduos sólidos.	Organização do conhecimento (2º momento pedagógico): - Explanação sobre a estrutura de materiais vítreos; - Explicar de maneira cronológica a evolução destes materiais e suas aplicações. - Experimentação demonstrativa: vidros de açúcar e sua utilização em filmes e séries de televisão; - Diferenciar vidros (materiais cristalinos) de cristais, explicando suas estruturas e propriedades; - Exemplificar as diferentes composições vítreas por meio da coloração dos vidros; - Jigsaw: explicar os motivos das diferentes cores; - Inserir os conceitos sobre a reciclagem; - Salientar os impactos negativos do descarte inadequado de resíduos sólidos (com foco nos vidros); - Explicar os Objetivos de Desenvolvimento Sustentáveis (ODS) e a Lei 12.305 (PNRS).	5 aulas (250 minutos)
3: Missão Reciclagem: Aprender e Cuidar do Planeta	Analisar o impacto que a reciclagem dos vidros possui no meio ambiente, diferenciando situações onde o descarte de resíduos sólidos ocorre de maneira inadequada e de maneira adequada.	Aplicação do conhecimento (3º momento pedagógico): - Retomada das questões feitas na problematização sobre os diferentes tipos de materiais (Papel, papelão, plástico, vidro, materiais cristalinos, metal e isopor).	1 aulas (50 minutos)

SELEÇÃO DAS ESTRATÉGIAS DIDÁTICAS E DAS ESTRATÉGIAS DE AVALIAÇÃO					
Título da SD1	Propriedades que Transformam: A Ciência da Reciclagem				
Objetivo de aprendizagem da SD	Entender a problemática exposta pelo docente, isto é, quais materiais podem ser reciclados e o impacto que estes materiais têm ao serem descartados de maneira incorreta no ambiente, comparando os diferentes materiais reciclados e sua reciclagem.				
Estratégia de Avaliação	Aula 1: A avaliação será feita de maneira formativa por meio das respostas dos alunos mediante o exposto na problemática.				
Dia/Aula*	Estratégia Didática	Conteúdos programáticos de ensino	Gestão do tempo e do espaço (Tempo / Descrição das Atividades / Organização da Sala de Aula)	Recursos Didáticos	Materiais de Aprendizagem/ Instrumento de avaliação
AULA 1	Problematização.	• Materiais (Papel, papelão, plástico, vidro, metal e isopor) e suas propriedades; • Reciclagem de Resíduos Sólidos.	5 minutos: Apresentação do professor e objetivo da aula; 15 minutos: Problematização feita verbalmente pelo professor com questões como “quais materiais podem ser reciclados?” e “você sabem as diferenças químicas destes materiais?”, anotando em lousa os principais aspectos citados pelos alunos; 20 minutos: Tempo disposto para explicar sobre as composições dos materiais e suas propriedades; 10 minutos: Finalizar a aula, organizar a sala.	• Lousa e giz ou caneta; • Voz.	• Avaliação: respostas dos alunos acerca dos questionamentos feitos pelo professor. • Questões para o professor fundamentar-se: https://docs.google.com/document/d/1JRGFJhC4ifGW0WoHU_HF1yv0apsowTata8RJGDurJ_g/edit?usp=sharing
Referências (fundamentação das estratégias didáticas e de avaliação escolhidas)	DELIZOICOV. D. Problemas e Problematizações. In: PIETROCOLA, M. (Org) Ensino de Física: Conteúdo, Metodologia e Epistemologia numa Concepção Integradora . Florianópolis/ SC: Ed. UFSC,p. 125-149, 2001.				

SELEÇÃO DAS ESTRATÉGIAS DIDÁTICAS E DAS ESTRATÉGIAS DE AVALIAÇÃO					
Título da SD2	Muito Além da Transparência: Conhecendo os Tipos de Vidros				
Objetivo de aprendizagem da SD	Analisar as diferenças estruturais de materiais cristalinos e não cristalinos, diferenciando os tipos de vidros e identificando-os através de sua coloração por meio do Jigsaw e organizando o conhecimento sobre a reciclagem dos resíduos sólidos.				
Estratégia de Avaliação	Aula 2: A avaliação será realizada por meio das interações professor-aluno e aluno-aluno durante a resolução da lista de exercícios. Aula 3: A avaliação será feita por meio do visto e pelas dúvidas e interações dos alunos durante a correção e também pelo comportamento dos alunos e empenho durante a experimentação demonstrativa. Aula 4: Será feita de maneira formativa no decorrer da aula. Aula 5: A avaliação será realizada por meio da entrega (por dupla) de um parágrafo de explicação sobre os motivos da coloração dos vidros obtidos após a dinâmica do Jigsaw. Aula 6: Nesta aula, a avaliação será feita de maneira formativa, observando o comportamento dos alunos em aula, além dos seus questionamentos.				
Dia/Aula*	Estratégia Didática	Conteúdos de ensino	Tempo / Descrição das Atividades / Organização da Sala de Aula	Recursos Didáticos	Materiais de Aprendizagem/ Instrumento de avaliação
AULA 2	Aula expositiva dialogada para organização do conteúdo.	- Estrutura dos vidros; - Diferença entre materiais cristalinos e não cristalinos; - Explicação cronológica da formação e produção dos vidros; - Aplicações.	5 minutos: Apresentação do conteúdo (vidros); 10 minutos: Explicar de maneira detalhada sobre a estrutura dos vidros e diferenciá-la de cristais; 10 minutos: Apresentar as diversas aplicações destes materiais na sociedade, como na medicina, tecnologia, cotidiano, em laboratórios, entre outras aplicações dignas de serem mencionadas; 20 minutos: Aplicação de uma lista de exercícios para somar na nota dos alunos. 5 minutos: Finalização e organização da sala de aula.	- Datashow ou televisão; - Slides; - Folhas de exercícios (impressas para os alunos); (https://docs.google.com/document/d/1Euz1-GVij4er_0KuxAN2B2nNqyWRvzqAP-Z5PJUVWdY/edit?usp=sharing) - Folha de exercícios para orientação do professor, com resolução; (https://docs.google.com/document/d/1MA-puLgnDAWsLXOhzwxkxecz9ZK-yJQ4EFhgzwjjGO34/edit?usp=sharing)	- Slides: https://www.canva.com/design/DAGw5FFzzMU/3x-vbuqr0cg3ZEVnTAWPtg/edit?utm_content=DAGw5FFzzMU&utm_campaign=designshare&utm_medium=link2&utm_source=sharebutton - Folhas de exercícios (impressas) para realização da atividade (a avaliação será feita por meio da interação e após, pela entrega da mesma.

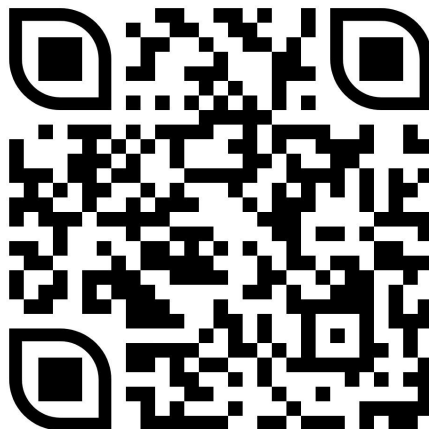
AULA 3	TDICs (Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação); Experimentação demonstrativa: Vidro de açúcar.	- Estrutura de materiais vítreos; - Explicação cronológica da formação e produção dos vidros; - Aplicações.	10 minutos: Organização da sala de aula e correção da atividade avaliativa da aula passada em lousa; 20 minutos: Passar o vídeo (TDICs) e após, explicação sobre os diferentes tipos de vidros com a utilização de modelos moleculares e sucessivamente, realizar com os alunos a experimentação demonstrativa na sala de aula; 15 minutos: Retomar verbalmente os conceitos científicos sobre a formação dos vidros, e explicar a aplicação do vidro de açúcar (em filmes e séries de televisão) que está relacionado com o conceito de transição vítrea; 5 minutos: Organizar a sala de aula e orientar os alunos para a próxima aula.	- Lousa e giz ou caneta para corrigir os exercícios; - Datashow ou televisão para passar o vídeo: https://www.youtube.com/shorts/3kl0Z-lYiF4 - Para a experimentação demonstrativa: Panela; Fonte de calor; 2 copos de açúcar; 2 colheres de glicose de milho; 1 copo de água; Termômetro; Forma.	Vídeo: https://www.youtube.com/shorts/3kl0Z-lYiF4
AULA 4	Aula expositiva dialogada.	- Diferenças estruturais dos vidros e materiais cristalinos e suas propriedades; - Composições vítreas e suas colorações; - Motivos para a mudança na coloração dos vidros (Metais de transição do bloco d e NOX).	5 minutos: Organização da sala de aula; 10 minutos: Retomada verbal sobre as diferenças estruturais dos vidros e cristais; 5 minutos: Elencar as propriedades em lousa (como mapa mental) enquanto os alunos copiam; 10 minutos: Explicação da composição dos vidros por meio da lousa (pedir para que os alunos copiem juntamente com o docente); 10 minutos: Definir o porquê da mudança da coloração dos vidros em lousa e após, demonstrar com amostras dos diferentes vidros (coloridos); 5 minutos: Indicar o Reality Show - Vidrados por meio do trailer e encerrar a aula.	- Lousa e giz ou caneta; - Datashow ou televisão para passar o vídeo: https://www.youtube.com/watch?v=yXow-8FBP08	- Vídeo: https://www.youtube.com/watch?v=yXow-8FBP08 - Escrita em lousa: Mapa mental: https://www.canva.com/design/DAGw6UJ2Kd4/JcTLnmdHDY573ZdaDA6q4A/edit?utm_content=DAGw6UJ2Kd4&utm_campaign=designshare&utm_medium=link2&utm_source=sharebutton Lousa 01: https://docs.google.com/presentation/d/1kGAqJ7kVbWHylyHWOLEXDMpi-6p_99u2CULkY95kX-M/edit?slide=id.p#slide=id.p

AULA 5	Jigsaw: sobre a coloração vítrea.	Motivos para a mudança na coloração dos vidros (metais de transição do bloco d e NOX).	5 minutos: Organização da sala de aula; 10 minutos: Explicação da atividade Jigsaw; 5 minutos: Organização da sala em 2 grupos e distribuição das folhas-texto do Jigsaw; 25 minutos: Dinâmica do Jigsaw; 10 minutos: Espaço para sanar dúvidas dos alunos, organização e encerramento da aula.	Jigsaw - impresso (https://docs.google.com/document/d/1D9LU1t3x9e45t-KaB7I490hOjM_XYaKraSP4y6Ah_K8/edit?usp=sharing)	Jigsaw (https://docs.google.com/document/d/1D9LU1t3x9e45t-KaB7I490hOjM_XYaKraSP4y6Ah_K8/edit?usp=sharing);
AULA 6	Aula expositiva dialogada.	- Reciclagem dos vidros no Brasil; - Impactos da Reciclagem; - ODS.	10 minutos: Inserção dos conceitos sobre reciclagem e a importância do descarte correto dos vidros; 10 minutos: Realçar os impactos negativos que o descarte inadequado dos vidros têm na natureza; 10 minutos: Explicar que a reciclagem destes materiais têm um impacto positivo no ambiente e na sociedade; 15 minutos: Explicação dos ODS e outras iniciativas como a Lei 12.305; 5 minutos: Orientações para a próxima aula e finalização do conteúdo.	- Lousa e giz ou caneta; - Slides.	- Slides (https://www.canva.com/design/DAGzncdpTBo/rOS-TgGAaycNTlqg4YlpbA/edit?utm_content=DAGzncdpTBo&utm_campaign=designshare&utm_medium=link2&utm_source=sharebutton);
Referências (fundamentação das estratégias didáticas e de avaliação escolhidas)	COTA MACHADO, S. Análise Sobre o Uso das Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (Tdics) no Processo Educacional da Geração Internet. RENOTE, Porto Alegre, v. 14, n. 2, 2016. DOI: 10.22456/1679-1916.70645. Disponível em: https://seer.ufrgs.br/index.php/renote/article/view/70645. Acesso em: 30 set. 2025. GUIMARÃES, L. P; CASTRO, D. L. Método jigsaw e modelos atômicos: utilização da aprendizagem cooperativa para a inserção da História da Química. Chemical Education in Point of View, v. 2, n. 2, 2018. LEITE, B. S. A experimentação no ensino de química: uma análise das abordagens nos livros didáticos. Educación Química, v. 29, n. 3, p. 61-78, ago. 2018. ROITMAN, R. Aula expositiva. Revista Brasileira de Educação Médica, v. 5, n.1, p. 38-41, Rio de Janeiro, jan./abr. 1981.				

SELEÇÃO DAS ESTRATÉGIAS DIDÁTICAS E DAS ESTRATÉGIAS DE AVALIAÇÃO					
Título da SD3	Missão Reciclagem: Aprender e Cuidar do Planeta				
Objetivo de aprendizagem da SD	Analisar o impacto que a reciclagem dos vidros possui no meio ambiente, diferenciando situações onde o descarte de resíduos sólidos ocorre de maneira inadequada e de maneira adequada.				
Estratégia de Avaliação	Aula 7: Os alunos serão avaliados mediante a entrega das questões propostas.				
Dia/Aula*	Estratégia Didática	Conteúdos de ensino	Tempo / Descrição das Atividades / Organização da Sala de Aula	Recursos Didáticos	Materiais de Aprendizagem/ Instrumento de avaliação
AULA 7	Lista de exercícios.	- Materiais (Papel, papelão, plástico, vidro, metal e isopor) e suas propriedades; - Reciclagem de Resíduos Sólidos.	5 minutos: Organização da sala de aula. 10 minutos: explicação da retomada dos exercícios respondidos na AULA 1 sobre os materiais reciclados com os conhecimentos prévios que deverão ser respondidos novamente com os conhecimentos científicos adquiridos. 10 minutos: Escrita das questões em lousa para que os alunos respondam em uma folha de seu caderno e entregue ao final. 20 minutos: Tempo disponível para os alunos responderem às questões e sanarem respectivas dúvidas. 5 minutos: Recolher as folhas dos alunos e finalizar a aula.	Lousa e giz ou caneta.	- Questões para serem escritas na lousa: (https://www.canva.com/design/DAGz1mOhX_8/zXLj6BFzteTs-KCNteH-0w/edit?utm_content=DAGz1mOhX_8&utm_campaign=designshare&utm_medium=link2&utm_source=sharebutton) - A avaliação será feita na entrega individual das questões e também pelas respostas dos alunos.
Referências (fundamentação das estratégias didáticas e de avaliação escolhidas)	ROITMAN, R. Aula expositiva. Revista Brasileira de Educação Médica , v. 5, n.1, p. 38-41, Rio de Janeiro, jan./abr. 1981.				

Observações (se necessário):

QR Code contendo os materiais de aprendizagem, recursos didáticos e instrumentos de avaliação utilizados para cada aula planejada nesta UDM:



Link para acesso ao Google Drive:

<https://drive.google.com/drive/u/0/folders/1hzExVzpyu6Do7X5lkoLyWl5snyRqGdXt>