



**CIDADE DE
SÃO PAULO**
EDUCAÇÃO

Ensino Médio

CURRÍCULO DA CIDADE

**CIÊNCIAS DA NATUREZA
E SUAS TECNOLOGIAS**

PREFEITURA DA CIDADE DE SÃO PAULO

Bruno Covas

Prefeito

SECRETARIA MUNICIPAL DE EDUCAÇÃO - SME

Fernando Padula

Secretário Municipal de Educação

Minéa Paschoaleto Fratelli

Secretária Adjunta de Educação

Malde Maria Vilas Bôas

Secretária Executiva Municipal

Pedro Rubez Jeha

Chefe de Gabinete



**CIDADE DE
SÃO PAULO**
EDUCAÇÃO



CURRÍCULO DA CIDADE

Ensino Médio

ÁREA DE CONHECIMENTO

CIÊNCIAS DA NATUREZA E SUAS TECNOLOGIAS

SÃO PAULO, 2021

COORDENADORIA PEDAGÓGICA – COPED

COORDENADORIA PEDAGÓGICA - COPED

Daniela Harumi Hikawa

Coordenadora

NÚCLEO TÉCNICO DE CURRÍCULO - NTC

Wagner Barbosa de Lima Palanch

Diretor

EQUIPE TÉCNICA - NTC

Claudia Abrahão Hamada

Clodoaldo Gomes Alencar Junior

Jaqueline Calado Luiz

Jussara Nascimento dos Santos

Lisandra Paes

Patrícia Ferreira da Silva

Viviane Aparecida Costa

DIVISÃO DE ENSINO FUNDAMENTAL E MÉDIO - DIEFEM

Carla da Silva Francisco

Diretora

EQUIPE TÉCNICA - DIEFEM

Cintia Anselmo dos Santos

David Capistrano da Costa Neto

Felipe de Souza Costa

Gilson dos Santos

Heloisa Maria de Moraes Giannichi

Hugo Luiz de Menezes Montenegro

Humberto Luis de Jesus

Karla de Oliveira Queiroz

Katia Gisele Turolo do Nascimento

Leandro Alves dos Santos

Marcia Vivancos Mendonça da Silva

Mayra Pereira Camacho

Nelsi Maria de Jesus

Rosângela Ferreira de Souza Queiroz

DIVISÃO TÉCNICA DA EDUCAÇÃO ESPECIAL - DIEE

Cristhiane de Souza

Diretora

EQUIPE TÉCNICA - DIEE

Ana Claudia dos Santos Camargo

Célia Pereira Ramos Chaves

Luciana do Nascimento Crescente Arantes

Luciana Xavier Ferreira

Marcia Regina Marolo de Oliveira

Maria Alice Machado da Silveira

Marineusa Medeiros da Silva

NÚCLEO DE CRIAÇÃO E ARTE

Magaly Ivanov

Coordenadora

EQUIPE TÉCNICA - CRIAÇÃO E ARTE

Ana Rita da Costa

Angélica Dadario

Cassiana Paula Cominato

Fernanda Gomes Pacelli

Simone Porfirio Mascarenhas

APOIO

Roberta Cristina Torres da Silva



Qualquer parte desta publicação poderá ser compartilhada (cópia e redistribuição do material em qualquer suporte ou formato) e adaptada (remix, transformação e criação a partir do material para fins não comerciais), desde que seja atribuído crédito apropriadamente, indicando quais mudanças foram feitas na obra. Direitos de imagem, de privacidade ou direitos morais podem limitar o uso do material, pois necessitam de autorizações para o uso pretendido.

A Secretaria Municipal de Educação de São Paulo recorre a diversos meios para localizar os detentores de direitos autorais a fim de solicitar autorização para publicação de conteúdo intelectual de terceiros, de forma a cumprir a legislação vigente. Caso tenha ocorrido equívoco ou inadequação na atribuição de autoria de alguma obra citada neste documento, a SME se compromete a publicar as devidas alterações tão logo seja possível.

Disponível também em: <https://educacao.sme.prefeitura.sp.gov.br/>

Consulte o acervo fotográfico disponível no Memorial da Educação Municipal da Secretaria Municipal de Educação de São Paulo.
educacao.sme.prefeitura.sp.gov.br/centro-de-multimeios/memorial-da-educacao-municipal/
Tel.: 11 5080-7301 e-mail: smecopedmemorialeducacao@sme.prefeitura.sp.gov.br

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

São Paulo (SP). Secretaria Municipal de Educação. Coordenadoria Pedagógica.
Currículo da cidade: Ensino Médio: Área de conhecimento: Ciências da natureza e suas tecnologias. - São Paulo: SME / COPED, 2021.

141p.: il.

Bibliografia

1. Ensino Médio. 2. Educação - Currículos. 3. Ciências da natureza - Tecnologias. I. Título.

CDD 373

EQUIPE DE COORDENAÇÃO E ELABORAÇÃO

COORDENAÇÃO GERAL

Carla da Silva Francisco

Claudio Maroja

Lisandra Paes

Wagner Barbosa de Lima Palanch

ASSESSORIA PEDAGÓGICA GERAL

Rodnei Pereira

Valéria de Souza

Walkiria de Oliveira Rigolon

CONCEPÇÃO E ELABORAÇÃO DOS TEXTOS

DOCUMENTO INTRODUTÓRIO

Lisandra Paes

Márcia Vivancos Mendonça da Silva

Valéria de Souza

Wagner Barbosa de Lima Palanch

Walkiria de Oliveira Rigolon

CIÊNCIAS DA NATUREZA E

SUAS TECNOLOGIAS

COORDENAÇÃO GERAL

Marcelo Giordan Santos

BIOLOGIA

Silvia Luzia Frateschi Trivellato

LEITORES CRÍTICOS

Claudia Abrahão Hamada

Marcelo Tadeu Motokane

Mônica Narciso Guimarães

GRUPO DE TRABALHO

Janaína Conceição de Assis

Mariana Moreira Quinhones Siqueira Saquetini

Paulo Sérgio Stockler

Valquíria Tiago dos Santos

FÍSICA

Maurício Pietrocola Pinto de Oliveira

LEITORES CRÍTICOS

Fernanda Depizzol Paes Ferreira

Gabriel Dias de Carvalho Júnior

Márlon Caetano Ramos Pessanha

GRUPO DE TRABALHO

Alexandre Afrânio Hokama Silva

Manoel de Araújo Oliveira

QUÍMICA

Marcelo Giordan Santos

LEITORES CRÍTICOS

Carmem Lucia Costa Amaral

Eduardo da Silva Xavier

Otávio Maldaner

GRUPO DE TRABALHO

Aline Letícia Gonçalves dos Santos

Francisco Ernesto Xavier da Rocha

Nancy Cristina Masson

EQUIPE TÉCNICA/LEITORES CRÍTICOS SME

Claudia Abrahão Hamada

Claudio Santana Bispo

Clodoaldo Gomes Alencar Junior

Jaqueline Calado Luiz

Jussara Nascimento dos Santos

Lisandra Paes

Maria Olívia Chaves Spinola

Patrícia Ferreira da Silva

Rafael Batista Ortega

Sueli Furnari

Thiago Fabiano Brito

Viviane Aparecida Costa

Wagner B. de L. Palanch

UNESCO - BRASIL

Marlova Jovchelovitch Noletto

Diretora e Representante da UNESCO no Brasil

Maria Rebeca Otero Gomes

Coordenadora – Setor de Educação

Mariana Alcalay

Oficial de Projetos – Setor de Educação

REVISÃO TÉCNICA

Ednéia Oliveira (Consultora UNESCO)

Maria Rehder (consultora UNESCO)

Mariana Alcalay (UNESCO)

Esta publicação tem a cooperação da UNESCO e da Secretaria Municipal de Educação de São Paulo no âmbito do projeto de cooperação técnica 914BRZ1147, cujo objetivo é fortalecer a governança da Educação no Município de São Paulo por meio de ações de inovações à qualidade educativa e à gestão democrática.

Os autores são responsáveis pela escolha e pela apresentação dos fatos contidos nesta publicação, bem como pelas opiniões nele expressas, que não são necessariamente as da UNESCO, nem comprometem a Organização.

As indicações de nomes e a apresentação do material ao longo desta publicação não implicam a manifestação de qualquer opinião por parte da UNESCO a respeito da condição jurídica de qualquer país, território, cidade, região ou de suas autoridades, tampouco da delimitação de suas fronteiras ou limites.

AGRADECIMENTOS

A todos os Educadores que leram, sugeriram e contribuíram para a redação final deste documento e aos Estudantes que participaram da pesquisa realizada.

ÀS EDUCADORAS E AOS EDUCADORES DA REDE MUNICIPAL DE ENSINO DE SÃO PAULO,

Neste documento, apresentamos o Currículo da Cidade – Ensino Médio (EM), elaborado a muitas mãos pelos profissionais da Rede Municipal de Ensino de São Paulo (RME-SP), ao longo do ano de 2020.

Primeiro documento curricular municipal para esta etapa de ensino, é o resultado de um trabalho dialógico e colaborativo, ocorrido nos Grupos de Trabalho (GTs) entre os meses de fevereiro a junho de 2020, mesmo sob as circunstâncias especiais ocasionadas pela pandemia da COVID-19. A primeira versão do Currículo foi disponibilizada em agosto para consulta aos profissionais da RME, a fim de que fossem apresentadas suas contribuições, as quais, após análises e discussões, foram incorporadas à versão final que ora apresentamos neste momento.

O ano de 2020 marca a transição para a nova configuração do Ensino Médio, delineada a partir da legislação federal, à qual devem ser mobilizadas habilidades de todos os componentes curriculares, bem como os temas contemporâneos que afetam a vida humana em escala local, regional e global, em uma perspectiva transversal e integradora.

Nestas páginas, vocês encontrarão a materialização dos princípios e diretrizes que estão em diversos documentos norteadores, como a Base Nacional Comum Curricular – proposta de flexibilização curricular (BNCC/2018) –, o Guia de Implementação do Novo Ensino Médio, as novas Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (DCNEM), entre muitos outros. É um documento que, para além da garantia das aprendizagens essenciais e comuns a todos os estudantes, prevê a oferta de itinerários formativos organizados e estruturados de modo a que o estudante possa escolher, entre diferentes percursos, aquele que mais se ajusta às suas aspirações e ao seu projeto de vida.

Nosso propósito é que o de que o Currículo da Cidade – Ensino Médio oriente o trabalho na Unidade Educacional e, mais especificamente, na sala de aula, consolidando as políticas de equidade e de educação inclusiva, além de garantir as condições necessárias para que sejam assegurados os Objetivos de Aprendizagem e Desenvolvimento que buscam a promoção da educação integral a todos os estudantes das nossas Unidades, respeitando suas realidades socioeconômica, cultural, étnico-racial e geográfica.

Para isso, faz parte de nossas ações de implementação, a formação continuada dos profissionais da Rede, essencial condição para o salto qualitativo na aprendizagem e no desenvolvimento dos nossos estudantes, premissa cujo documento está fundamentado.

Trata-se, portanto, de um documento histórico que será atualizado todos os dias pelas diferentes regiões da cidade de São Paulo. É parte de um processo que passará por transformações e qualificações a partir das contribuições advindas de seu uso, de sua prática.

Sua participação é muito importante para que os objetivos deste Currículo deixem suas páginas e se concretizem em cada uma das Unidades que integram a Rede Municipal de Ensino de São Paulo.

Fernando Padula

Secretário Municipal de Educação

SUMÁRIO

PARTE 1 INTRODUTÓRIO _____	9
Apresentação _____	10
Concepções e conceitos que embasam o Currículo da Cidade de São Paulo – Ensino Médio _____	13
Concepção de Juventudes	13
Concepção de currículo	14
Conceito de Educação Integral	16
Educação Integral e Marcos Legais	18
Conceito de equidade	19
Conceito de Educação Inclusiva	20
Currículo do Ensino Médio para a Cidade de São Paulo – A Matriz de Saberes, as Metas e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável _____	22
Referências que orientam a Matriz de Saberes	22
Temas inspiradores do Currículo da Cidade – Ensino Médio	25
O Ensino Médio na Rede Municipal de Ensino _____	28
Primeiras palavras	28
Origens do Ensino Médio na Rede Municipal de Ensino de São Paulo	29
O Ensino Médio hoje	31
Características do Ensino Médio na Rede Municipal de Ensino	32
Organização geral do Currículo da Cidade – Ensino Médio _____	36
PARTE 2 ÁREA DE CIÊNCIAS DA NATUREZA E SUAS TECNOLOGIAS	40
Introdução _____	41
Sustentabilidade para aprender ciências	48
Aprender Ciências em uma sociedade de riscos _____	49

PARTE 3 COMPONENTES CURRICULARES52

Ensinar e Aprender Biologia no Ensino Médio 53

Introdução53

A Biologia na sala de aula: o ensino e a aprendizagem de uma ciência..... 61

Objetos de Conhecimento e Objetivos de Aprendizagem e Desenvolvimento 68

Ensinar e Aprender Física no Ensino Médio 77

Introdução77

Modelos e representações 83

Objetos de Conhecimento e Objetivos de Aprendizagem e Desenvolvimento 93

Ensinar e Aprender Química no Ensino Médio 99

Introdução..... 99

A comunicação, o pensamento e a linguagem química no Ensino Médio 110

Objetos de Conhecimento e Objetivos de Aprendizagem e Desenvolvimento 113

PARTE 4 PERCURSOS DE ESTUDO E FORMAÇÃO 122

Propostas de Percursos de Estudo e Formação 123

Referências da Parte 1 - Introdutório 139

Referências da Parte 2 e 3 - Ciências da Natureza 140

INTRODUTÓRIO



Apresentação

O **Currículo da Cidade - Ensino Médio** tem como objetivo subsidiar, aprimorar e apoiar as ações educativas realizadas nas nove escolas do Município de São Paulo, bem como buscar o alinhamento das orientações curriculares à Base Nacional Comum Curricular – BNCC, documento que define as aprendizagens essenciais a que todos os estudantes brasileiros têm direito ao longo da Educação Básica. A BNCC está estruturada com foco em conhecimentos, habilidades, atitudes e valores para promover o desenvolvimento integral dos estudantes e a sua atuação na sociedade. Sua implementação acontecerá por meio da construção de currículos locais, de responsabilidade das redes de ensino e escolas, que têm autonomia para organizar seus percursos formativos a partir da sua própria realidade, incorporando as diversidades regionais e subsidiando a forma como as aprendizagens serão desenvolvidas em cada contexto escolar.

Diante disso, por meio de um esforço coletivo, a Secretaria Municipal de Educação de São Paulo – SME deu início ao processo de atualização curricular em março de 2017, a partir da elaboração do Currículo da Educação Infantil ao Ensino Fundamental, com a realização de um seminário municipal que reuniu diretores e coordenadores pedagógicos de todas as Escolas Municipais de Ensino Fundamental – EMEF e de Ensino Fundamental e Médio – EMEFM da Rede, professores-referência, além de gestores e técnicos das Diretorias Regionais de Educação – DREs.

Ao longo de todo o processo, na primeira etapa de elaboração curricular, professores e estudantes da Rede Municipal de Ensino – RME foram consultados por meio de um amplo processo de escuta, que mapeou suas percepções e recomendações sobre o que e como aprender. A primeira etapa do *Currículo da Cidade* foi construída de forma coletiva, tanto para espelhar a identidade da Rede Municipal de Ensino de São Paulo, quanto para assegurar que fosse internalizado por todos os seus integrantes.

O *Currículo da Cidade* se completa agora com a elaboração do **Currículo da Cidade - Ensino Médio**, construído com a colaboração dos profissionais da RME e levando em consideração a história que essa etapa final da escolarização da Educação Básica construiu na Rede Municipal de Ensino da Cidade de São Paulo. Vale a pena salientar que esta é a primeira vez que o Município de São Paulo elabora uma proposta curricular destinada ao Ensino Médio, posto que antes se pautava nos documentos curriculares produzidos pelos órgãos estaduais e federais. Deste modo, essa iniciativa revela o esforço em prol da construção de uma identidade para todas as escolas da Rede Municipal Paulistana, da Educação Infantil ao Ensino Médio.

O processo foi realizado sob a orientação da Coordenadoria Pedagógica – COPED, da Secretaria Municipal de Educação de São Paulo, tendo as seguintes premissas **para sua construção**:

Continuidade: Embora este seja o primeiro documento curricular destinado ao Ensino Médio produzido pela Rede Municipal de Ensino de São Paulo, faz-se necessário explicitar que o processo de construção buscou manter convergência e consonância com as concepções, princípios e pressupostos dos demais documentos curriculares já produzidos para os demais segmentos, respeitando a memória, os encaminha-

mentos e as discussões realizadas em gestões anteriores e integrando as experiências, práticas e culturas escolares já existentes na Rede Municipal de Ensino.

Relevância: O *Currículo da Cidade* foi construído para ser um documento dinâmico, a ser utilizado cotidianamente pelos professores com vistas a garantir os direitos de aprendizagem a todos os estudantes da Rede.

Colaboração: O documento foi elaborado considerando diferentes visões, concepções, crenças e métodos, por meio de um processo dialógico e colaborativo, que incorporou as vozes dos diversos sujeitos que compõem a Rede, sobretudo dos que atuam no Ensino Médio.

Contemporaneidade: A proposta curricular tem foco nos desafios do mundo contemporâneo e busca formar os estudantes para a vida no século XXI.

O **Currículo da Cidade** foi construído para todos os estudantes da Rede Municipal de Ensino de São Paulo, inclusive aos que necessitam de atendimento educacional especializado – aqueles que têm algum tipo de deficiência, transtornos globais de desenvolvimento ou altas habilidades/superdotação. Aplica-se, também, aos adolescentes de diferentes origens étnico-raciais, além dos migrantes internos e migrantes internacionais.

A proposta de atualização do **Currículo da Cidade** de São Paulo, da Educação Infantil ao Ensino Médio, reforça a mudança de paradigma que a sociedade contemporânea vive, em que o currículo não deve ser concebido de maneira que o estudante se adapte aos moldes que a escola oferece, mas como um campo aberto à diversidade. Essa diversidade não é somente no sentido de que cada estudante poderia aprender diferentes objetos de conhecimento, mas o de aprender significativamente de diferentes maneiras.

O Currículo da Cidade está estruturado com base em **três conceitos orientadores:**

Educação Integral: Tem como propósito essencial promover o desenvolvimento integral dos estudantes, considerando as suas dimensões intelectual, social, emocional, física e cultural.

Equidade: Partimos do princípio de que todos os estudantes são sujeitos íntegros, potentes, autônomos e, portanto, capazes de aprender e desenvolver-se, contanto que os processos educativos a eles destinados considerem suas características e seu contexto e que tenham significado para suas vidas. Assim sendo, buscamos fortalecer políticas de equidade, explicitando os direitos de aprendizagem, garantindo as condições necessárias para que eles sejam assegurados a cada bebê, criança, adolescente, jovem e adulto da Rede Municipal de Ensino, independentemente da sua realidade socioeconômica, cultural, étnico-racial ou geográfica.

Educação Inclusiva: Respeitar e valorizar a diversidade e a diferença, reconhecendo o modo de ser, de pensar e de aprender de cada estudante, propiciando desafios adequados às suas características biopsicossociais, apostando nas suas possibilidades de crescimento e orientando-se por uma perspectiva de Educação inclusiva, plural e democrática.

O **Currículo da Cidade - Ensino Médio** foi organizado em **três partes:**

I. **Áreas do Conhecimento** e seus respectivos objetivos gerais:

I.I Linguagens e suas tecnologias

I.II Matemática e suas tecnologias

I.III Ciências da Natureza e suas tecnologias

I.IV Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

II. **Componentes Curriculares** em cada uma das Áreas do Conhecimento:

- II.I Linguagens e suas tecnologias – Arte, Educação Física, Língua Espanhola, Língua Inglesa e Língua Portuguesa
- II.II Matemática e suas tecnologias – Matemática
- II.III Ciências da Natureza e suas tecnologias – Biologia, Física e Química
- II. IV Ciências Humanas e Sociais Aplicadas – Filosofia, Geografia, História e Sociologia

III. **Itinerários Formativos:**

- III.I Área de Linguagens e suas Tecnologias
- III.II Área de Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias
- III.III Área de Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

O **Currículo da Cidade – Ensino Médio** está ancorado numa Matriz de Saberes, com os respectivos *Eixos Estruturantes*, seus *Objetos de Conhecimento* e os *Objetivos de Aprendizagem e Desenvolvimento*, articulados aos *Objetivos e Metas do Desenvolvimento Sustentável* em cada Componente Curricular e nos *Itinerários Formativos* e seus respectivos *Percursos*.

Os *Objetos de Conhecimento* e *Objetivos de Aprendizagem e Desenvolvimento* de cada Componente Curricular foram elaborados por Grupos de Trabalho – GTs formados por professores, supervisores e técnicos da Secretaria Municipal de Educação de São Paulo e das Diretorias Pedagógicas – DIPEDs das Diretorias Regionais de Educação – DREs, por meio de um esforço coletivo. Os GTs se reuniram de fevereiro a maio de 2020 para a produção da primeira versão do **Currículo da Cidade – Ensino Médio**. Inicialmente presenciais, os encontros desses grupos de trabalho foram realizados remotamente a partir da medida de distanciamento social imposta pela Pandemia da COVID19.

Utilizando a Plataforma do Currículo da Cidade, no mês de agosto, essa versão foi colocada para a consulta das equipes gestora e docente, supervisores e formadores das DREs, totalizando diversas leituras e diferentes contribuições que foram analisadas pelas equipes do Núcleo Técnico de Currículo – NTC e da Divisão de Ensino Fundamental e Médio – DIEFEM. Além disso, a primeira versão do documento foi encaminhada a leitores críticos que também trouxeram contribuições à versão final.

Após a incorporação das contribuições pelas equipes técnicas do NTC e da DIEFEM, o documento teve sua versão finalizada, restando apenas ser implementado pelas escolas que ofertam essa etapa final da Educação Básica na RME. As ações de implementação contarão com documentos complementares de apoio, como as *Orientações Didáticas* e outros *Aportes de Apoio ao Trabalho Pedagógico no Ensino Médio* e os *Subsídios de Apoio e Orientação para Implementação do Currículo da Cidade – Ensino Médio na Rede Municipal da Cidade de São Paulo*, bem como ações específicas de formação continuada.

Concepções e conceitos que embasam o Currículo da Cidade de São Paulo – Ensino Médio

Concepção de Juventudes

O tema **Juventude** tem ocupado lugar relevante nos debates nacionais e internacionais dos últimos anos. As mudanças velozes da sociedade contemporânea, ocorridas em várias esferas, modificam drasticamente o mundo do trabalho, a comunicação, as relações sociais, o modo como se aprende e se ensina, dentre outros aspectos da vida na atualidade. Sem dúvida, os adolescentes e jovens são protagonistas neste atual e conturbado cenário e são, muitas vezes, idealizados como a esperança do mundo, por meio da participação ativa e transformadora, com vistas ao fortalecimento de uma sociedade mais justa e democrática.

Os jovens, considerados em sua pluralidade de manifestações e atuações de naturezas variadas - econômica, social, política, cultural, ambiental e educacional, dentre outras, devem ser considerados parceiros estratégicos e protagonistas na vida cidadã, articulando seus projetos de vida às dimensões comunitária, coletiva e participativa.

Assim, o conceito de **Juventude** é, simultaneamente, uma condição social e uma representação que busca explicitar genericamente a singularidade dos indivíduos em uma determinada faixa etária. Neste sentido, a representação dessa fase e de seus sujeitos acaba sendo imprecisa e, muitas vezes, até ambígua. Por ser uma construção sócio-histórico-cultural, sujeita a mudanças no tempo e no contexto, cada vez mais o termo “Juventudes” tem sido utilizado com o objetivo de representar a diversidade do público juvenil em suas múltiplas dimensões pessoais, psíquicas, sociais, culturais, étnico-raciais, políticas e econômicas.

Com o propósito de incluir os jovens como sujeitos políticos, capazes de influenciar os rumos da sociedade, o Estatuto da Juventude¹ propõe, entre outros princípios, a promoção da autonomia e da emancipação, a valorização e a promoção da participação social e política destes jovens, de forma direta e por meio de suas representações.

A agenda de demanda dos jovens² tem se demonstrado bastante ampla e plural, diversidade fundamental quando se aborda a juventude em suas múltiplas perspectivas. Essa agenda busca o estímulo dos jovens na arena pública e política, espaços para que possam contribuir com a formação de políticas públicas e participação no acompanhamento e na gestão de programas e projetos voltados à juventude, investimento em pesquisas e estudos sobre a participação em movimentos e organizações juvenis e em comunicação e informação sobre modalidades de participação juvenil, entre outras reivindicações.

Na esfera educacional, considerar que há muitas juventudes implica organizar uma escola que acolha as diversidades, promovendo, de modo intencional e permanente, o respeito à pessoa humana e aos seus direitos. E mais, que garanta aos estudantes serem protagonistas de seu próprio processo educacional, reconhecendo-os como interlocutores legítimos sobre currículo, ensino e aprendizagem. Significa, nesse

1 Lei nº 12.852, de 5 de agosto de 2013.

2 O Estatuto da Juventude, a Lei nº 12.852/2013, o Sistema Nacional de Juventude - Sinajuve e o Conselho Nacional de Juventude - Conjuve são exemplos desta agenda ampla e plural dos jovens brasileiros.

sentido, assegurar-lhes “uma formação que, em sintonia com seus percursos e histórias, permita-lhes definir seu projeto de vida, tanto no que diz respeito ao estudo e ao trabalho como também no que concerne às escolhas de estilos de vida saudáveis, sustentáveis e éticos” (BNCC, 2018).

Tendo em vista tais ideias, um currículo para o Ensino Médio, considerando a pluralidade das juventudes da Cidade de São Paulo, precisa levar em conta, também, as múltiplas maneiras pelas quais os adolescentes e jovens se relacionam com o saber, permitindo que tenham possibilidade de participar, criar e fazer escolhas, durante seus trajetos formativos.

Concepção de currículo³

O **Currículo da Cidade - Ensino Médio** foi construído a partir da compreensão de que:

Currículos são plurais: O currículo envolve os diferentes saberes, culturas, conhecimentos e relações que existem no universo de uma rede de educação. Assim sendo, é fruto de uma construção cultural que reúne diversas perspectivas e muitas significações produzidas a partir dos contextos, interesses e intenções que permeiam a diversidade dos atores e das ações que acontecem dentro e fora da escola e da sala de aula. Para dar conta dessa pluralidade, o **Currículo da Cidade - Ensino Médio** foi construído a partir da escuta e da colaboração de estudantes, professores e gestores da Rede Municipal de Ensino - RME.

Currículos são orientadores: O currículo “é também uma forma concreta de olhar para o conhecimento e para as aprendizagens construídas no contexto de uma organização de formação” (PACHECO, 2005, p. 36). Diferentes concepções de currículo levam a diferentes orientações em relação ao indivíduo que se deseja formar, à prática educativa e à própria organização escolar. O currículo não oferece todas as respostas, mas traz as discussões temáticas, conceituais, procedimentais e valorativas para o ambiente da escola, orientando a tomada de decisões sobre as aprendizagens até a “[...] racionalização dos meios para obtê-las e comprovar seu sucesso” (SACRISTÁN, 2000, p. 125). Assim sendo, o currículo pode ser considerado como o cerne de uma proposta pedagógica, pois tem a função de delimitar os aprendizados a serem desenvolvidos e referenciar as atividades a serem realizadas em sala de aula, sempre tendo a compreensão e a melhoria da qualidade de vida como base da sociedade, da própria escola, do trabalho do professor e do sentido da vida do estudante. Assim, a principal intenção do *Currículo da Cidade* é justamente oferecer diretrizes e orientações a serem utilizadas no cotidiano escolar para assegurar os direitos de aprendizagem a cada um dos estudantes da Rede Municipal de Ensino.

[...] numa primeira síntese do que efetivamente representa, o currículo significa o seguinte: é a expressão da função socializadora da escola; é um instrumento imprescindível para compreender a prática pedagógica; está estreitamente relacionado com o conteúdo da profissionalidade dos docentes; é um ponto em que se inter cruzam componentes e decisões muito diversas (pedagógicas, políticas, administrativas, de controle sobre o sistema escolar, de inovação pedagógica); é um ponto central de referência para a melhoria da qualidade de ensino. (PACHECO, 2005, p. 37).

3 As concepções de currículo expressas neste documento seguem premissas estabelecidas no Currículo da Cidade para o Ensino Fundamental.

Currículos não são lineares: O currículo não é uma sequência linear, mas um conjunto de aprendizagens concomitantes e interconectadas. Portanto, não é possível defini-lo antecipadamente sem levar em conta o seu desenvolvimento no cotidiano escolar (DOLL, 1997, p. 178). Ou seja, o currículo está estreitamente ligado ao dia a dia da prática pedagógica, em que se cruzam decisões de vários âmbitos.

[...] um currículo construtivo é aquele que emerge através da ação e interação dos participantes; ele não é estabelecido antecipadamente (a não ser em termos amplos e gerais). Uma matriz, evidentemente, não tem início nem fim; ela tem fronteiras e pontos de interseção ou focos. Assim, um currículo modelado em uma matriz também é não-linear e não-sequencial, mas limitado e cheio de focos que se interseccionam e uma rede relacionada de significados. Quanto mais rico o currículo, mais haverá pontos de intersecção, conexões construídas, e mais profundo será o seu significado. (DOLL, 1997, p. 178).

Currículos são processos permanentes e não um produto acabado: O “currículo é o centro da atividade educacional e assume o papel normativo de exigências acadêmicas, mas não deve estar totalmente previsível e calculado” (PACHECO, 2001, p. 15). Dessa forma, continua o autor, pode-se considerar que o currículo é um processo e não um produto, mas “[...] é uma prática constantemente em deliberação e negociação”. Embora a SME considere o *Currículo da Cidade* como o documento orientador do Projeto Político-Pedagógico das escolas, ele não pode ser visto como algo posto e imutável, mas como “a concretização das funções da própria escola e a forma particular de enfocá-las num momento histórico e social determinado [...]” (SACRISTÁN, 2000, p. 15). Cabe ressaltar que os currículos devem ser sempre revisados e atualizados, seja para se adequarem a mudanças que ocorrem de forma cada vez mais veloz em todos os setores da sociedade, seja para incorporar resultados de novas discussões, estudos e avaliações. Embora a função do currículo não seja a de fechar-se à criatividade e à inovação, sua característica mais fundamental é a clareza com que enuncia princípios e que cria clima e roteiros instigantes ao diálogo, à aprendizagem e à troca de experiências mediadas por conhecimentos amplos e significativos da História.

Professores são protagonistas do currículo: O professor é o sujeito principal para a elaboração e implementação de um currículo, uma vez que tem a função de contextualizar e de dar sentido aos aprendizados, tanto por meio dos seus conhecimentos e práticas, quanto pela relação que estabelece com seus estudantes. Para tanto, os educadores precisam reconhecer o seu papel de protagonistas nesse processo, sentindo-se motivados e tendo condições de exercê-lo. Compreendendo a importância desse envolvimento, o *Currículo da Cidade* foi construído com a colaboração dos professores da Rede Municipal de Ensino que participaram do processo integrando os Grupos de Trabalho. Tal engajamento buscou, ainda, valorizar o protagonismo dos atores educativos frente ao desafio de tornar significativo o currículo praticado na escola.

O professor transforma o conteúdo do currículo de acordo com suas próprias concepções epistemológicas e também o elabora em conhecimento “pedagogicamente elaborado” de algum tipo e nível de formalização enquanto a formação estritamente pedagógica lhe faça organizar e acondicionar os conteúdos da matéria, adequando-os para os alunos. (SACRISTÁN, 2000, p. 15).

Nesse processo, o envolvimento da equipe gestora da escola (coordenadores pedagógicos e diretores) é muito importante, no sentido de articular professores da mesma área, de diversas áreas; do mesmo ciclo e dos diferentes ciclos nas discussões curriculares e na organização dos planejamentos com vistas a aten-

der melhor os estudantes daquela comunidade escolar. Essas ações desenvolvidas nos espaços escolares, acompanhadas pelos supervisores, permitem uma articulação entre as diferentes escolas com as quais ele atua e com a própria história de construção curricular do município e os debates nacionais.

Currículos devem ser centrados nos estudantes: O propósito fundamental de um currículo é dar condições e assegurar a aprendizagem e o desenvolvimento pleno de cada um dos estudantes, conforme determinam os marcos legais brasileiros. Currículos também precisam dialogar com a realidade dos adolescentes e jovens, de forma a se conectarem com seus interesses, necessidades e expectativas.

Em tempos de mudanças constantes e incertezas quanto ao futuro, propostas curriculares precisam ainda desenvolver conhecimentos, saberes, atitudes e valores que preparem as novas gerações para as demandas da vida contemporânea e futura. Considerando a relevância aos estudantes da Rede Municipal de Ensino, o **Currículo da Cidade - Ensino Médio** estrutura-se de forma a responder a desafios históricos, como a garantia da qualidade e da equidade na Educação pública, ao mesmo tempo em que aponta para as aprendizagens que se fazem cada vez mais significativas para cidadãos do século XXI e para o desenvolvimento de uma sociedade e um mundo sustentáveis e justos. As propostas de formação de caráter tão amplo e não imediatistas exigem algumas adjetivações às práticas curriculares que nos apontam em uma direção da integralidade dos objetivos de formação. Dentro dessa perspectiva, o currículo não visa apenas à formação mental e lógica das aprendizagens nem ser um mero formador de jovens ou adultos para a inserção no mercado imediato de trabalho. O que levaria o currículo a escapar dessas duas finalidades restritivas com relação à sua função social é sua abrangência do olhar integral sobre o ser humano, seus valores e sua vida social digna.

Conceito de Educação Integral

O **Currículo da Cidade - Ensino Médio** orienta-se pela Educação Integral, entendida como aquela que promove o desenvolvimento dos estudantes em todas as suas dimensões (intelectual, física, social, emocional e cultural) e a sua formação como sujeito de direito e deveres. Trata-se de uma abordagem pedagógica voltada a desenvolver todo o potencial dos estudantes e prepará-los para se realizarem como pessoas, profissionais e cidadãos comprometidos com o seu próprio bem-estar, com a humanidade e com o planeta.

Essa concepção não se confunde com a de educação de tempo integral e deve ser incorporada por todas as escolas de Ensino Médio do município. No caso, há escolas regulares no período diurno, com cinco horas; o regular noturno, com quatro; as escolas de tempo integral que funcionam entre sete horas e meia e oito horas; e o curso de habilitação em Magistério de nível médio, que funciona em período parcial, com jornada de cinco horas e meia. Dessa forma, o *Currículo* foi construído com intuito de subsidiar, aprimorar e apoiar as ações educativas de todas as escolas.

Considerando essa diversidade, podemos afirmar que a extensão da jornada escolar contribui – mas não é pré-requisito – para que o desenvolvimento multidimensional aconteça. A Educação Integral não se define pelo tempo de permanência na escola, mas pela qualidade da proposta curricular, que supera a fragmentação e o foco único em conteúdos abstratos. Ela busca promover e articular conhecimentos, habilidades, atitudes e valores que preparem os estudantes para a realização do seu projeto de vida e para contribuírem com a construção de um mundo melhor.

Nas três últimas décadas, o debate acadêmico sobre Educação Integral tem envolvido sociólogos, filósofos, historiadores e pedagogos, entre outros estudiosos preocupados em compreender os problemas e apontar possíveis soluções para melhorar a qualidade educacional e formativa do conhecimento construído na escola do Brasil.

As novas definições de Educação Integral, que começaram a emergir a partir de meados da década de 1990, apontam para a humanização do sujeito de direito e entendem o conhecimento como elemento propulsor para o desenvolvimento humano. Indicam, também, que tais processos educativos acontecem via socialização dialógica criativa do estudante consigo mesmo, com os outros, com a comunidade e com a sociedade. Nesse caso, os conteúdos curriculares são meios para a conquista da autonomia plena e para a ressignificação do indivíduo por ele mesmo e na sua relação com os demais.

A Educação Integral, entendida como direito à cidadania, deve basear-se em uma ampla oferta de experiências educativas que propiciem o pleno desenvolvimento de crianças e jovens (GUARÁ, 2009). Este desenvolvimento deve incentivar, ao longo da vida, o despertar da criatividade, da curiosidade e do senso crítico, além de garantir a inclusão do indivíduo na sociedade por meio do conhecimento, da autonomia e de suas potencialidades de realizar-se social, cultural e politicamente.

Em outra publicação, ao observar o contexto geral da Educação Integral, a mesma autora coloca o sujeito de direito no centro de suas análises e o considera como aquele que explicita o seu lado subjetivo de prazer e satisfação com as escolhas simbólicas que realiza no decorrer de sua existência. Tal visão ressalta que as múltiplas exigências da vida corroboram para o aperfeiçoamento humano, potencializando a capacidade de o indivíduo se realizar em todas as dimensões.

Gonçalves (2006) associa a Educação Integral à totalidade do indivíduo como processo que extrapola o fator cognitivo e lhe permite vivenciar uma multiplicidade de relações, com a intenção de desenvolver suas dimensões físicas, sociais, afetivas, psicológicas, culturais, éticas, estéticas, econômicas e políticas. Cavaliere (2002) segue a mesma linha conceitual, destacando que a essência da Educação Integral reside na percepção das múltiplas dimensões do estudante, a serem desenvolvidas de forma equitativa.

Essa visão pode ser complementada, recorrendo a quatro perspectivas acerca da Educação Integral:

- **A primeira** aponta para o desenvolvimento humano equilibrado, via articulação de aspectos cognitivos, educativos, afetivos e sociais, entre outros.
- **A segunda** enfatiza a articulação dos Componentes Curriculares e o diálogo com práticas educativas transversais, inter e transdisciplinares.
- **A terceira** compreende a importância da articulação entre escola, comunidade e parcerias institucionais, bem como entre educação formal e não formal para a formação do indivíduo integral.
- **A quarta** defende a expansão qualificada do tempo que os estudantes passam na escola para melhoria do desempenho escolar (GUARÁ, 2009).

A mesma autora ainda indica que todas essas perspectivas tendem a refletir a realidade local e são influenciadas por peculiaridades de tempo, espaço, região, circunstâncias sociais, econômicas e inclinações político-ideológicas. Segundo ela, o que realmente precisa ser considerado é o desenvolvimento humano integral do estudante.

Educação Integral como direito de cidadania supõe uma oferta de oportunidades educativas, na escola e além dela, que promovam condições para o desenvolvimento pleno de todas as potencialidades da criança e do jovem. Sua inclusão no mundo do conhecimento e da vida passa pela garantia de um repertório cultural, social, político e afetivo que realmente prepare um presente que fecundará todos os outros planos para o futuro. (GUARÁ, 2009, p. 77).

O documento da Base Nacional Comum Curricular – BNCC, homologado em 2018, compartilha dos conceitos anteriormente abordados sobre o desenvolvimento global dos estudantes, enfatizando ainda a necessidade de se romper com as percepções reducionistas dos processos educativos que priorizam as dimensões cognitivas ou afetivas em detrimento dos demais saberes que emergem dos tempos, espaços e comunidades nos quais os estudantes se inserem. Segundo a BNCC, independentemente do tempo de permanência do estudante na escola, o fator primordial a ser considerado é a intencionalidade dos processos e práticas educativas fundamentadas por uma concepção de Educação Integral. Isto significa:

[...] assumir uma visão plural, singular e integral da criança, do adolescente, do jovem e do adulto – considerando-os como sujeitos de aprendizagem – e promover uma educação voltada ao seu acolhimento, reconhecimento e desenvolvimento pleno, nas suas singularidades e diversidades. Além disso, a escola, como espaço de aprendizagem e de democracia inclusiva, deve se fortalecer na prática coercitiva de não discriminação, não preconceito e respeito às diferenças e diversidades. (BRASIL, 2018).

Educação Integral e Marcos Legais

Diversos marcos legais internacionais e nacionais alinham-se com esse conceito de Educação Integral.

Entre os internacionais, citamos a **Declaração Universal dos Direitos Humanos** (1948), a **Convenção sobre os Direitos da Criança** (1989) e a **Agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável** (2015) – todas elaboradas pela Organização das Nações Unidas – ONU.

Entre os marcos nacionais, destacamos a **Constituição Federal** (1988), o **Estatuto da Criança e do Adolescente** (1990)⁴, a **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional** (1996)⁵ e o **Estatuto da Pessoa com Deficiência** (2015)⁶.

Outros marcos legais, como o **Plano Nacional de Educação** (2014-2024), o **Plano Municipal de Educação** (2015-2025) e o **Fundo de Manutenção e Desenvolvimento da Educação Básica e de Valorização dos Profissionais de Educação** (2007), também criam condições para a promoção de uma educação que contemple o pleno desenvolvimento dos estudantes.

Essa concepção de Educação Integral está igualmente de acordo com o **Programa de Metas 2017-2020** da Prefeitura Municipal de São Paulo⁷, compreendido como “um meio de pactuação de compromissos com a

4 Lei nº 8.069/90

5 Lei nº 9.394/96

6 Lei nº 13.146/15

7 Disponível em: http://planejasampa.prefeitura.sp.gov.br/assets/Programa-de-Metas_2017-2020_Final.pdf. Acesso em: 14 out 2020

sociedade". O documento estrutura-se em cinco eixos temáticos⁸, envolvendo todos os setores da administração municipal. O eixo "*Desenvolvimento Humano: cidade diversa, que valoriza a cultura e garante educação de qualidade a todos e todas*" engloba a Secretaria Municipal de Educação, a Secretaria Municipal de Direitos Humanos e Cidadania e a Secretaria Municipal de Cultura. As onze metas e vinte projetos associados a esse eixo também têm como foco a Educação Integral.

Conceito de equidade

O conceito de equidade compreende e reconhece a diferença como característica inerente à humanidade, ao mesmo tempo em que desnaturaliza as desigualdades, como afirma Boaventura Santos:

[...] temos o direito a ser iguais quando a nossa diferença nos inferioriza; e temos o direito a ser diferentes quando a nossa igualdade nos descaracteriza. Daí a necessidade de uma igualdade que reconheça as diferenças e de uma diferença que não produza, alimente ou reproduza as desigualdades. (SANTOS, 2003, p. 56).

Nesse alinhamento reflexivo, entende-se que o sistema educacional não pode ser alheio às diferenças, tratando os desiguais igualmente, pois se sabe que tal posicionamento contribui para a perpetuação das desigualdades e das inequidades a uma parcela importante de bebês, crianças, jovens e adultos que residem em nossa cidade, embora seja sabido que sempre se busca responder ao desafio: "o que há de igual nos diferentes?".

Dessa forma, o currículo deve ser concebido como um campo aberto à diversidade, a qual não diz respeito ao que cada estudante poderia aprender em relação a conteúdos, mas sim às distintas formas de aprender de cada estudante na relação com seus contextos de vida. Defende-se, portanto, a apresentação de conteúdos comuns a partir de práticas e de recursos pedagógicos que garantam a todos o direito ao aprendizado. Para efetivar esse processo de mediação pedagógica, ao planejar, o professor precisa considerar as diferentes formas de aprender, criando, assim, estratégias e oportunidades para todos os estudantes. Tal consideração aos diferentes estilos cognitivos faz do professor um pesquisador contínuo sobre os processos de aprendizagem.

Silva e Menegazzo (2005) relatam que o controle das diferenças pelo/no currículo parece depender mais da combinação de um conjunto de dinâmicas grupais e consensuais, nomeadamente da cultura escolar, que de estratégias isoladas ou prescritas.

Desde as duas últimas décadas do século XIX, a Cidade de São Paulo tornou-se um lugar de destino para milhões de imigrantes oriundos de diversos países do mundo, em decorrência de guerras, flagelos e conflitos, assim como da reconfiguração da economia global e dos impactos sociais, políticos e culturais desse processo. O Brasil todo ainda foi palco de amplas migrações internas e internacionais, ditadas pelo pós-guerra da primeira metade do século XX e pela reorganização do modelo da economia mundial.

8 Desenvolvimento Social: cidade saudável, segura e inclusiva; Desenvolvimento Humano: cidade diversa, que valoriza e garante educação de qualidade para todos e todas; Desenvolvimento Urbano e Meio ambiente: desenvolvimento urbano; Desenvolvimento Econômico e Gestão: cidade inteligente e de oportunidades; Desenvolvimento Institucional: cidade transparente e ágil.

O acolhimento ou rejeição pela cidade destes fluxos migratórios motivou o estabelecimento definitivo dessas populações e transformou o território paulista, e, sobretudo, o paulistano, em uma cidade global e pioneira em inovação e marco histórico, centro financeiro e industrial, rica em diversidade sociocultural pela própria contribuição dos migrantes.

A primeira e segunda décadas do século XXI reacendem, mesmo sem guerras mundiais, o pavio de incertezas de ordem econômica e política, com seus consequentes impactos nos valores do convívio, nas leis, na cultura, na perspectiva de futuro, na degradação ambiental e, conseqüentemente, na educação e na organização do currículo. Nesse contexto, o currículo é atingido frontalmente em busca de sua identidade. Ele emerge, mais que nunca, como o espaço de pergunta: Que país é este? O que seremos nele? Qual é nossa função neste território? Qual a sua identidade a ser construída? Qual o papel da escola como formadora de valores e de crítica aos amplos desígnios sociais?

Somos país do Hemisfério Sul, somos enorme extensão territorial, somos detentores de riquezas no subsolo, possuímos os maiores rios celestes, somos elaboradores de ricas culturas, somos um espaço, um corpo, milhares de línguas, histórias... Somos uma civilização? O que somos e o que precisamos vir a ser? Existimos na América Latina e somos um país que pode caminhar na direção de um pacto de coesão social de melhor vida. Sem tais perguntas continuamente feitas e sem buscar as suas respostas, o currículo torna-se uma peça fria, utilitarista e incapaz de mobilizar as novas gerações em suas vidas e sua busca de conhecimento.

Atualmente, a Rede Municipal de Ensino atende a mais de 105 nacionalidades diferentes, além da população afro-brasileira, dos povos originários (indígenas) e dos migrantes internos, que vêm contribuindo para a construção de uma cidadania responsável dentro do contexto internacional em que vive a cidade.

Portanto, o *Currículo da Cidade* de São Paulo, ao definir os seus *Objetos de Conhecimento* e *Objetivos de Aprendizagem e Desenvolvimento*, considera o direito de todos a aprender e participar do país. Para isso, o currículo valoriza a função social do professor e a função formativa da Escola. O conjunto dos professores e educadores da RME é fundamental para reconhecer as capacidades críticas e criadoras e potencializar os recursos culturais de todos os seus estudantes, indistintamente, ao considerar e valorizar os elementos que os constituem como humanos e como cidadãos do mundo.

Conceito de Educação Inclusiva

A ideia de Educação Inclusiva é sustentada por um movimento mundial de reconhecimento da diversidade humana e da necessidade contemporânea de se constituir uma escola para todos, sem barreiras, na qual a matrícula, a permanência, a aprendizagem e a garantia do processo de escolarização sejam, realmente e sem distinções, para todos.

A escola assume, nessa perspectiva, novos contornos e busca a internalização do conceito de diferença. Podemos encontrar em Cury (2005, p. 55) o ensinamento sobre o significado da diferença a ser assumido pelas escolas brasileiras: “a diferença – do latim: dispersar, espalhar, semear – por sua vez é a característica de algo que distingue uma coisa da outra. Seu antônimo não é igualdade, mas identidade!”. Portanto, estamos vivenciando um momento em que a diferença deve estar em pauta e compreendida como algo que, ao mesmo tempo em que nos distingue, aproxima-nos na constituição de uma identidade genuinamente expressiva do povo brasileiro; ou seja, múltipla, diversa, diferente, rica e insubstituível.

Indubitavelmente, estamos nos referindo à instalação de uma cultura inclusiva, à qual implica mudanças substanciais no cotidiano escolar, para que possamos, realmente, incorporar todas as diferenças na dinâmica educacional e cumprir o papel imprescindível que a escola possui no contexto social.

Ao pensar em uma educação inclusiva e em seu significado, é preciso que os conteúdos sejam portas abertas à aprendizagem de todos. De acordo com Connell, “ensinar bem [nas] escolas [...] requer uma mudança na maneira como o conteúdo é determinado e na pedagogia. Uma mudança em direção a um currículo mais negociado e a uma prática de sala de aula mais participativa” (2004, p. 27). Portanto, coloca-se o desafio de pensar em formas diversas de aplicar o currículo no contexto da sala de aula e adequá-lo para que todos os estudantes tenham acesso ao conhecimento, por meio de estratégias e caminhos diferenciados. Cada um pode adquirir o conhecimento escolar nas condições que lhe são possibilitadas em determinados momentos de sua trajetória escolar (OLIVEIRA, 2013).

A prática educacional não pode limitar-se a tarefas escolares homogêneas ou padronizadas, não condizentes com a perspectiva inclusiva, uma vez que se preconiza o respeito à forma e à característica de aprendizagem de todos. Portanto, para ensinar a todos, é preciso que se pense em atividades diversificadas, propostas diferenciadas e caminhos múltiplos que podem levar ao mesmo objetivo educacional.

Dessa forma, o professor poderá ter o apoio necessário para ser um **pensador criativo** que alia teoria e prática como vertentes indissociáveis do seu fazer e de sua atuação pedagógica, pensando sobre os instrumentos e estratégias a serem utilizados para levar todos os estudantes – **sem exceção** – ao conhecimento e, portanto, ao desenvolvimento de suas ações mentais, possibilitando-lhes acessar novas esferas de pensamento e linguagem, atenção e memória, percepção e discriminação, emoção e raciocínio, desejo e sentido; não como atos primários do instinto humano, mas como Funções Psicológicas Superiores – FPS, como prescrito na *Teoria Histórico-Cultural* (VYGOTSKY, 1996, 1997, 2000).

Nessa perspectiva educacional, as parcerias são essenciais e demandam o trabalho colaborativo e articulado da equipe gestora e dos docentes com profissionais especializados que integram os Centros de Formação e Acompanhamento à Inclusão – CEFAls e os Núcleos de Apoio e Acompanhamento para Aprendizagem – NAAPAs.

Além disso e considerando que é inaceitável que adolescentes e jovens abandonem a escola (especialmente em uma realidade como a da Cidade de São Paulo), a Secretaria Municipal de Educação definiu o **Acesso e Permanência** como um de seus projetos estratégicos no Programa de Metas. A finalidade da SME é fortalecer a articulação entre as escolas municipais e a rede de proteção social para garantir o acesso, permanência e aprendizagem dos estudantes mais vulneráveis à reprovação ou evasão escolar. Para alcançar essa finalidade, há a necessidade de um mapeamento do perfil dos estudantes reprovados e/ou evadidos da Rede e de um acompanhamento da frequência pelos professores, gestores das escolas e supervisores de ensino, além do Conselho Tutelar. Somada a essas ações, o município busca a articulação entre as várias secretarias para atendimento a estudantes em situação de vulnerabilidade.

Pensar na proposta de um currículo inclusivo é, sem dúvida, um movimento que demanda a contribuição de todos os partícipes de uma Rede tão grande como a nossa. A qualidade dessa ação está na valorização da heterogeneidade dos sujeitos que estão em nossas unidades educacionais e na participação dos educadores representantes de uma concepção de Educação que rompe com as barreiras que impedem os estudantes estigmatizados pela sociedade, por sua diferença, de ter a oportunidade de estar em uma escola que prima pela igualdade da Educação.

Currículo do Ensino Médio para a Cidade de São Paulo

- A Matriz de Saberes, as Metas e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável

A Matriz de Saberes tem como propósito orientar as ações educativas para a formação de cidadãos éticos, responsáveis e solidários, que fortaleçam uma sociedade mais inclusiva, democrática, próspera e sustentável.

A construção dos objetivos de aprendizagem e desenvolvimento dos componentes curriculares no Currículo da Cidade - Ensino Médio teve como referência a Matriz de Saberes construída para a Rede Municipal de Ensino como um todo.

Referências que orientam a Matriz de Saberes

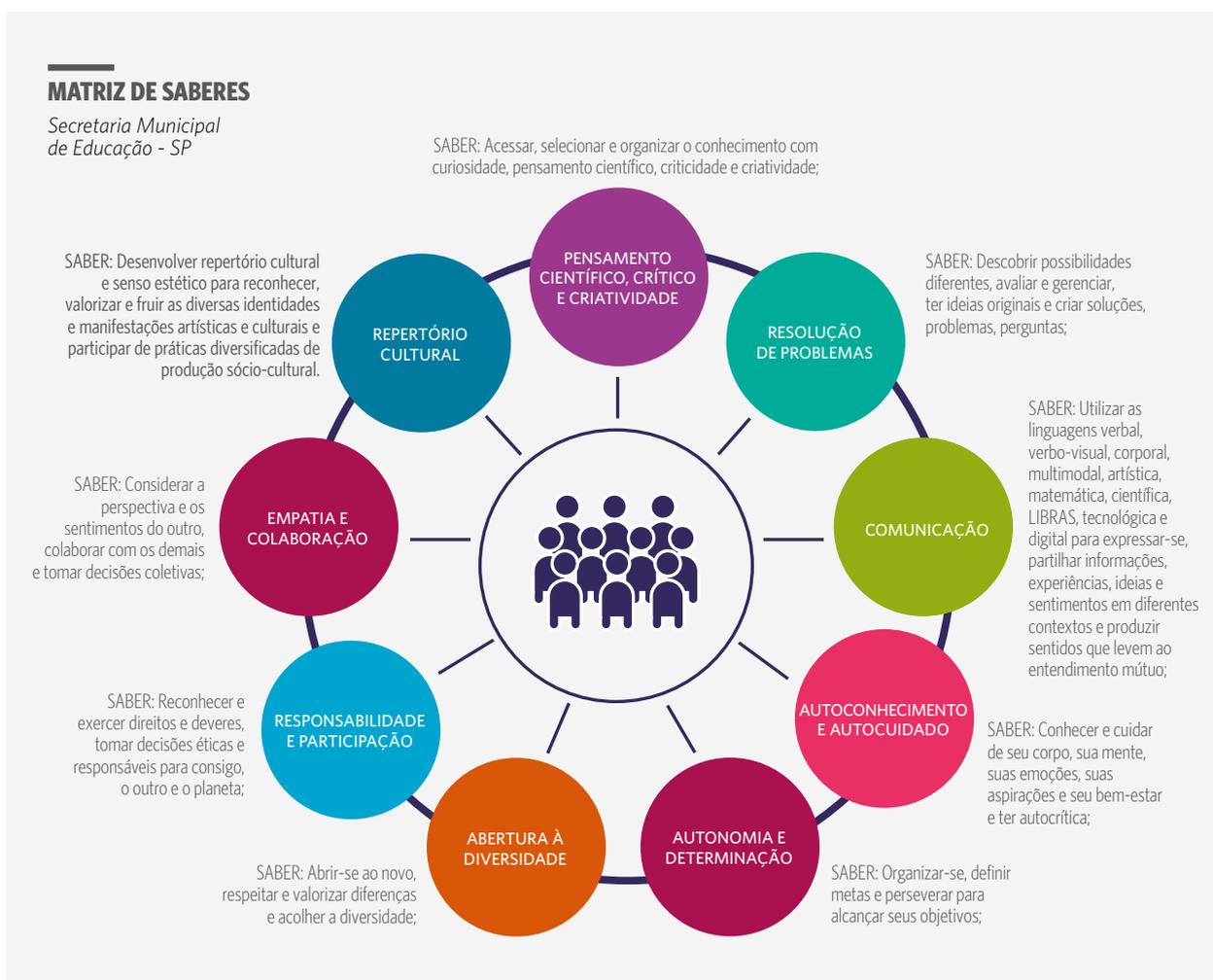
A Matriz de Saberes estabelecida pelo **Currículo da Cidade - Ensino Médio** fundamenta-se em:

PRINCÍPIOS ÉTICOS, POLÍTICOS E ESTÉTICOS DEFINIDOS PELAS DIRETRIZES CURRICULARES NACIONAIS	Orientados para o exercício da cidadania responsável, que levem à construção de uma sociedade mais igualitária, justa, democrática e solidária.
PRINCÍPIOS ÉTICOS	De justiça, solidariedade, liberdade e autonomia; respeito à dignidade da pessoa humana e de compromisso com a promoção do bem de todos, contribuindo para combater e eliminar quaisquer manifestações de preconceito e discriminação.
PRINCÍPIOS POLÍTICOS	Reconhecimento dos direitos e deveres de cidadania, do respeito ao bem comum e da preservação do regime democrático e dos recursos ambientais; da busca da equidade no acesso à educação, à saúde, ao trabalho, aos bens culturais e outros benefícios de exigência de diversidade de tratamento para assegurar a igualdade de direitos entre os alunos que apresentam diferentes necessidades de redução da pobreza e das desigualdades sociais e regionais.
PRINCÍPIOS ESTÉTICOS	Cultivo da sensibilidade juntamente com o da racionalidade; de enriquecimento das formas de expressão e do exercício da criatividade; de valorização das diferentes manifestações culturais, especialmente as da cultura brasileira; de construção de identidades plurais e solidárias.
SABERES	Saberes historicamente acumulados que fazem sentido para a vida dos educandos no século XXI e ajudam a lidar com as rápidas mudanças e incertezas em relação ao futuro da sociedade.
ABORDAGEM PEDAGÓGICA	Dar voz aos estudantes, reconhecendo e valorizando suas ideias, opiniões e experiências de vida, além de permitir que façam escolhas e participem ativamente das decisões tomadas na escola e na sala de aula.
VALORES	Valores fundamentais da contemporaneidade baseados na solidariedade, singularidade, coletividade, igualdade e liberdade, que buscam eliminar todas as formas de preconceito e discriminação, como orientação sexual, gênero, raça, etnia, deficiência e todas as formas de opressão que coíbem o acesso dos estudantes à participação política, profissional e comunitária e a bens materiais e simbólicos.
EDUCAÇÃO INTEGRAL E EDUCAÇÃO INCLUSIVA, VOLTADAS A PROMOVER O DESENVOLVIMENTO HUMANO INTEGRAL E A EQUIDADE	Garantir a igualdade de oportunidades para que os sujeitos de direito sejam considerados a partir de suas diversidades, possam vivenciar a escola de forma plena e expandir suas capacidades intelectuais, físicas, sociais, emocionais e culturais.

A Matriz de Saberes do Currículo da Cidade - Ensino Médio fundamenta-se em marcos legais e documentos oficiais socialmente relevantes, os quais indicam elementos imprescindíveis de serem inseridos em propostas curriculares alinhadas com conquistas relacionadas aos direitos humanos em geral e, especificamente, em relação ao direito à educação. São eles:

Convenções Internacionais sobre Direitos Humanos, Direitos da Infância, da Adolescência e dos Jovens, e Direitos das Pessoas com Deficiências;

- Artigos 205, 207 e 208 da Constituição Federal (1988);
- Lei de Diretrizes e Bases da Educação - LDB (1996);
- Estatuto da Criança e do Adolescente - ECA (1990);
- Lei nº 10.639 (2003) e Lei nº 11.645 (2008), que estabelecem a obrigatoriedade do ensino da história e das culturas africanas, afro-brasileira e dos povos indígenas/originários;
- Lei nº 11.340 (2006), que coíbe a violência contra a mulher;
- Estatuto da Juventude - Lei nº 12.852 (2013).



Os princípios explicitados no esquema da Matriz de Saberes são:

1. PENSAMENTO CIENTÍFICO, CRÍTICO E CRIATIVO	<p>Saber: Acessar, selecionar e organizar o conhecimento com curiosidade, pensamento científico, crítico e criativo;</p> <p>Para: Observar, questionar, investigar causas, elaborar e testar hipóteses; refletir, interpretar e analisar ideias e fatos em profundidade; produzir e utilizar evidências.</p>
2. RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS	<p>Saber: Descobrir possibilidades diferentes, avaliar e gerenciar, ter ideias originais e criar soluções, problemas e perguntas;</p> <p>Para: Inventar, reinventar-se, resolver problemas individuais e coletivos e agir de forma propositiva em relação aos desafios contemporâneos.</p>
3. COMUNICAÇÃO	<p>Saber: Utilizar as linguagens verbal, verbo-visual, corporal, multimodal, artística, matemática, científica, LIBRAS, tecnológica e digital para expressar-se, partilhar informações, experiências, ideias e sentimentos em diferentes contextos e produzir sentidos que levem ao entendimento mútuo;</p> <p>Para: Exercitar-se como sujeito dialógico, criativo e sensível, compartilhar saberes, reorganizando o que já sabe e criando novos significados, e compreender o mundo, situando-se em diferentes contextos socioculturais.</p>
4. AUTOCONHECIMENTO E AUTOCUIDADO	<p>Saber: Conhecer e cuidar de seu corpo, sua mente, suas emoções, suas aspirações e seu bem-estar e ter autocrítica;</p> <p>Para: Reconhecer limites, potências e interesses pessoais, apreciar suas próprias qualidades, a fim de estabelecer objetivos de vida, evitar situações de risco, adotar hábitos saudáveis, gerir suas emoções e comportamentos, dosar impulsos e saber lidar com a influência de grupos.</p>
5. AUTONOMIA E DETERMINAÇÃO	<p>Saber: Organizar-se, definir metas e perseverar para alcançar seus objetivos;</p> <p>Para: Agir com autonomia e responsabilidade, fazer escolhas, vencer obstáculos e ter confiança para planejar e realizar projetos pessoais, profissionais e de interesse coletivo.</p>
6. ABERTURA À DIVERSIDADE	<p>Saber: Abrir-se ao novo, respeitar e valorizar diferenças e acolher a diversidade;</p> <p>Para: Agir com flexibilidade e sem preconceito de qualquer natureza, conviver harmonicamente com os diferentes, apreciar, fruir e produzir bens culturais diversos, valorizar as identidades e culturas locais.</p>
7. RESPONSABILIDADE E PARTICIPAÇÃO	<p>Saber: Reconhecer e exercer direitos e deveres, tomar decisões éticas e responsáveis para consigo, o outro e o planeta;</p> <p>Para: Agir de forma solidária, engajada e sustentável, respeitar e promover os direitos humanos e ambientais, participar da vida cidadã e perceber-se como agente de transformação.</p>
8. EMPATIA E COLABORAÇÃO	<p>Saber: Considerar a perspectiva e os sentimentos do outro, colaborar com os demais e tomar decisões coletivas;</p> <p>Para: Agir com empatia, trabalhar em grupo, criar, pactuar e respeitar princípios de convivência, solucionar conflitos, desenvolver a tolerância à frustração e promover a cultura da paz.</p>
9. REPERTÓRIO CULTURAL	<p>Saber: Desenvolver repertório cultural e senso estético para reconhecer, valorizar e fruir as diversas identidades e manifestações artísticas e culturais, e participar de práticas diversificadas de produção sociocultural;</p> <p>Para: Ampliar e diversificar suas possibilidades de acesso a produções culturais e suas experiências emocionais, corporais, sensoriais, expressivas, cognitivas, sociais e relacionais, desenvolvendo seus conhecimentos, sua imaginação, criatividade, percepção, intuição e emoção.</p>

Temas inspiradores do Currículo da Cidade - Ensino Médio

Todo currículo precisa dialogar com a dinâmica e os dilemas da sociedade contemporânea, de forma que os cidadãos possam participar ativamente da transformação tanto da sua realidade local quanto dos desafios globais. Temas prementes, como a defesa dos direitos humanos, do meio ambiente, a redução das desigualdades sociais e regionais, a supressão das intolerâncias culturais e religiosas e os avanços tecnológicos e seus impactos na vida cotidiana e no mundo do trabalho, entre outros, precisam ser debatidos e enfrentados, a fim de que a humanidade avance com dignidade, qualidade de vida e liberdade.

O desafio que se apresenta é entender como essas temáticas atuais podem ser integradas a uma proposta inovadora e emancipatória de currículo, bem como ao cotidiano de escolas e salas de aula. Foi com essa intenção que o Currículo da Cidade - Ensino Médio incorporou as Metas relacionadas aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável - ODS, pactuados na Agenda 2030 pelos países-membros das Nações Unidas, como temas inspiradores a serem trabalhados de forma articulada com os objetivos de aprendizagem e desenvolvimento dos diferentes componentes curriculares.

A Agenda é um plano de ação que envolve **5 Ps: Pessoas, Planeta, Prosperidade, Paz e Parceria.**

PESSOAS	garantir que todos os seres humanos possam realizar o seu potencial em dignidade e igualdade, em um ambiente saudável.
PLANETA	proteger o planeta da degradação, sobretudo por meio do consumo e da produção sustentáveis, bem como da gestão sustentável dos seus recursos naturais.
PROSPERIDADE	assegurar que todos os seres humanos possam desfrutar de uma vida próspera e de plena realização pessoal.
PAZ	promover sociedades pacíficas, justas e inclusivas que estão livres do medo e da violência.
PARCERIA	mobilizar os meios necessários para implementar esta Agenda por meio de uma Parceria Global para o Desenvolvimento Sustentável.

Os 17 objetivos são precisos e propõem:

1. Erradicação da pobreza;
2. Fome zero e agricultura sustentável;
3. Saúde e bem-estar;
4. Educação de qualidade;
5. Igualdade de gênero;
6. Água potável e saneamento básico;
7. Energia limpa e acessível;
8. Trabalho decente e crescimento econômico;
9. Indústria, inovação e infraestrutura;
10. Redução das desigualdades;
11. Cidades e comunidades sustentáveis;

- 12. Consumo e produção responsáveis;
- 13. Ação contra a mudança global do clima;
- 14. Vida na água;
- 15. Vida terrestre;
- 16. Paz, justiça e instituições eficazes;
- 17. Parcerias e meios de implementação.

Esses objetivos estão alinhados com os da atual gestão da Cidade de São Paulo nos seus eixos, metas e projetos, os quais determinam a melhoria da qualidade de vida e sustentabilidade de todos os habitantes da cidade.



Os 17 objetivos se desdobram em 169 metas a serem cumpridas pelos países-membros da Organização das Nações Unidas - ONU. Da mesma forma, o Currículo da Cidade - Ensino Médio, comprometido com tais

metas, articula-as aos objetos de conhecimento e objetivos de aprendizagem das diferentes áreas de conhecimento e componentes curriculares, que explicitam o trabalho com temas que envolvem a erradicação da pobreza extrema, o combate à fome, a busca de formas sustentáveis de vida e produção de alimentos, a promoção da saúde, a igualdade de gênero, o crescimento e o desenvolvimento econômico sustentável, o cuidado com o planeta e com o meio ambiente, a paz e a justiça social, uma cidade formada por comunidades sustentáveis, entre tantos outros temas presentes no Currículo da Cidade – Ensino Médio, que colocam os jovens e adolescentes em contato com saberes e práticas fundamentais para o alcance das 169 metas. Além do trabalho realizado em cada componente curricular, os itinerários formativos preveem o aprofundamento e o alargamento da formação do público jovem e adolescente da Cidade de São Paulo na perspectiva dos ODS, por meio de uma abordagem didática conectada com os princípios e práticas de uma educação integral, como prevê a proposta de Educação para o Desenvolvimento Sustentável – EDS, da Unesco.



Transformando Nosso Mundo:
A Agenda 2030 para o
Desenvolvimento Sustentável

Disponível em:
<https://nacoesunidas.org/pos2015/agenda2030/>

Educação para os Objetivos
de Desenvolvimento
Sustentável: Objetivos de
Aprendizagem

Disponível em:
<http://unesdoc.unesco.org/images/0025/002521/252197POR.pdf>

A EDS traz uma abordagem cognitiva, socioemocional e comportamental e busca fomentar competências-chave⁹ para atuação responsável dos cidadãos a fim de lidar com os desafios do século XXI. O que a EDS oferece, mais além, é o olhar sistêmico e a capacidade antecipatória, necessários à própria natureza dos ODS de serem integrados, indivisíveis e interdependentes.

CORRESPONDÊNCIA ENTRE AS COMPETÊNCIAS-CHAVE DA EDUCAÇÃO PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E A MATRIZ DE SABERES DO CURRÍCULO DA CIDADE		
Competências-Chave	DEFINIÇÃO	MATRIZ DE SABERES - CURRÍCULO DA CIDADE
1. COMPETÊNCIA DE PENSAMENTO SISTÊMICO	Capacidade de aplicar diferentes marcos de resolução de problemas para problemas complexos de sustentabilidade e desenvolver opções de soluções viáveis, inclusivas e equitativas que promovam o desenvolvimento sustentável.	Pensamento Científico, Crítico e Criativo; Empatia e Colaboração
2. COMPETÊNCIA ANTECIPATÓRIA	Capacidade de compreender e avaliar vários futuros – possíveis, prováveis e desejáveis; criar as próprias visões para o futuro; aplicar o princípio da precaução; avaliar as consequências das ações; e lidar com riscos e mudanças.	Resolução de problemas
3. COMPETÊNCIA NORMATIVA	Capacidade de entender e refletir sobre as normas e os valores que fundamentam as ações das pessoas; e negociar valores, princípios, objetivos e metas de sustentabilidade, em um contexto de conflitos de interesses e concessões, conhecimento incerto e contradições.	Responsabilidade e Participação; Empatia e Colaboração
4. COMPETÊNCIA ESTRATÉGICA	Capacidade de desenvolver e implementar coletivamente ações inovadoras que promovam a sustentabilidade em nível local e em contextos mais amplos.	Autonomia e Determinação
5. COMPETÊNCIA DE COLABORAÇÃO	Capacidade de aprender com outros; compreender e respeitar as necessidades, as perspectivas e as ações de outras pessoas (empatia); entender, relacionar e ser sensível aos outros (liderança empática); lidar com conflitos em um grupo; e facilitar a colaboração e a participação na resolução de problemas.	Comunicação; Abertura à Diversidade; Empatia e Colaboração; Repertório Cultural
6. COMPETÊNCIA DE PENSAMENTO CRÍTICO	Capacidade de questionar normas, práticas e opiniões; refletir sobre os próprios valores, percepções e ações; e tomar uma posição no discurso da sustentabilidade.	Pensamento Científico, Crítico e Criativo
7. COMPETÊNCIA DE AUTOCONHECIMENTO	Capacidade de refletir sobre o próprio papel na comunidade local e na sociedade (global); avaliar continuamente e motivar ainda mais as próprias ações; e lidar com os próprios sentimentos e desejos.	Autoconhecimento e Autocuidado
8. COMPETÊNCIA DE RESOLUÇÃO INTEGRADA DE PROBLEMAS	Capacidade de aplicar diferentes marcos de resolução de problemas para problemas complexos de sustentabilidade e desenvolver opções de soluções viáveis, inclusivas e equitativas que promovam o desenvolvimento sustentável, integrando as competências mencionadas anteriormente.	Autonomia e Determinação; Resolução de Problemas

FONTE: UNESCO (2017, p. 10) adaptada para fins de correlação.

9 O termo competências-chave foi transcrito do documento da UNESCO (2017) para fins de correspondência com a Matriz de Saberes do Currículo da Cidade – Ensino Médio.

A implementação da aprendizagem para os ODS por meio da EDS vai além da incorporação de objetivos de aprendizagem e desenvolvimento no currículo escolar, com contornos precisos para cada ciclo de aprendizagem, idade e componente curricular, incluindo, também, a integração dos ODS em políticas, estratégias e programas educacionais; em materiais didáticos; na formação dos professores; na sala de aula e em outros ambientes de aprendizagem.

O Ensino Médio na Rede Municipal de Ensino

Primeiras palavras

“Se a História é um garimpo, a memória é a bateia que revolve o cascalho do passado e busca dados preciosos para continuar nossa luta”. (NOSELLA, 2005, p. 224)

Para contextualizarmos o percurso histórico do Ensino Médio na Rede Municipal de Ensino de São Paulo há alguns aspectos da História da Educação Brasileira que merecem ser retomados. Em primeiro lugar, vale lembrar o caráter descontínuo das políticas educacionais que, somado à dificuldade de construirmos um projeto de Educação articulado a um projeto de identidade nacional (TEIXEIRA, 1962), fez com que demorássemos séculos para começarmos a percorrer a construção de um sistema de educação.

Em 1827, por exemplo, quando se instituiu a primeira *Lei Geral de Instrução Pública no Brasil*, a maior parte da população ainda não sabia ler e escrever. Nesse período, ainda não era necessário ser alfabetizado para estar inserido nas diferentes esferas sociais. Porém, 54 anos depois, o Decreto nº 3.029, de 9 de janeiro de 1881 (BRASIL, 1881), no artigo 8º, que tratava sobre o alistamento eleitoral, afirmava que seriam nele incluídos apenas os cidadãos que viessem a requerer e que provassem ter adquirido as “qualidades de eleitor” e, em conformidade com a lei, soubessem ler e escrever.

Com isso, chegamos ao século XIX com poucas instituições destinadas à escolarização formal em nosso país. O Ensino Médio, por exemplo, foi iniciado a passos lentos, com a fundação dos liceus brasileiros, na década de 1830, no Rio Grande do Norte, na Bahia, na Paraíba e no Rio de Janeiro. Naquele momento, sua intenção era a de preparar os (poucos) estudantes para o Ensino Superior. Tinham, assim, uma identidade propedêutica e acentuadamente elitista.

Posteriormente, no século XX, com o início da industrialização no Brasil, o atual Ensino Médio ganhou outros contornos, voltados à formação profissional da mão de obra da classe trabalhadora. Com esses fenômenos, constituiu-se uma identidade ambígua para a formação média dos adolescentes e jovens: a formação destinada ao Ensino Superior para uma minoria privilegiada, e o Ensino Técnico e Profissionalizante para a maioria da população pobre. Essa é uma herança perversa que permanece, como ideologia, até os dias de hoje e é um dos desafios que temos, na condição de nação comprometida com a construção de uma sociedade menos desigual.

Do ponto de vista legal, nossas primeiras *Leis de Diretrizes e Bases da Educação Nacional* (4.024/61 e 5.692/71), por exemplo, não tornaram a formação em nível médio obrigatória, fato que ocorreu apenas em

2009, com a promulgação da Emenda Constitucional nº 59/2009 que, dentre outras medidas, torna a educação básica obrigatória e gratuita dos 4 (quatro) aos 17 (dezessete) anos de idade, assegurada inclusive sua oferta gratuita para todos os que a ela não tiveram acesso na idade própria.¹⁰

Em resumo, o direito de todas e todos os(as) adolescentes e jovens brasileiros(as) ao Ensino Médio é uma conquista absolutamente recente. Com ela, ainda temos que vencer desafios relativos à ambiguidade identitária desta etapa de ensino, que exige mudanças relativas tanto às políticas e à organização de um processo educativo que atenda às demandas contemporâneas em nível nacional, em nível local, quanto às perspectivas atuais e futuras das juventudes brasileiras, que são diversas e plurais. E tudo isso precisa ser levado em consideração, quando pensamos em um currículo para o Ensino Médio.

E é nesse contexto que precisamos compreender a trajetória do Ensino Médio da Rede Municipal de Ensino de São Paulo, sobre a qual tratamos a seguir.

Origens do Ensino Médio na Rede Municipal de Ensino de São Paulo

O Ensino Médio, última etapa da Educação Básica, está presente na Rede Municipal de Ensino desde a década de 1960. A autorização para a criação das primeiras turmas surgiu por meio dos Decretos, nº 5.078, de 23/02/1961, instalando o Curso Colegial (2º Grau) no Ginásio Municipal D. Pedro II, e nº 5.072, instalando o Curso Colegial no Ginásio Municipal D. João VI. É no ano de 1968, porém, com a criação do Colégio Comercial Municipal de São Paulo, exclusivamente voltado para esta etapa de ensino, que efetivamente tem início a trajetória do Ensino Médio na Rede Municipal de Ensino da Cidade de São Paulo.

O Ensino Médio foi expandido por mais sete escolas, tendo como prioridade a oferta de cursos profissionalizantes nas oito unidades, inclusive o Magistério. Tudo leva a crer que este crescimento foi interrompido pela publicação da Lei nº 9.394, de 20/12/1996, que delegou aos Estados a prioridade sobre esta etapa.

Porém, as escolas existentes se mantiveram padronizadas à Rede Municipal, seguindo a legislação vigente para o provisionamento dos cargos docentes e de gestão. Em relação ao atendimento dos estudantes, inicialmente o ingresso era feito por meio de processos seletivos, sendo que, a partir do ano de 1999, o acesso passou a ser de forma universal e isonômica por meio de sorteio, após o atendimento integral dos estudantes oriundos do Ensino Fundamental da própria escola.

Histórico das EMEFMs e da EMEBS Helen Keller

Localizadas em regiões diferentes do município, as oito Escolas Municipais de Ensino Fundamental e Médio - EMEFMs, assim como a EMEBS Helen Keller, ultrapassam os territórios nos quais estão inseridas, recebendo estudantes dos diferentes bairros da Capital e de diversos municípios da Grande São Paulo. Cada uma delas possui características ímpares, projetos próprios e grande reconhecimento da comunidade atendida, sendo buscadas pela qualidade de suas propostas pedagógicas.

10

Inciso I do artigo 208 da EMENDA CONSTITUCIONAL Nº 59, DE 11 DE NOVEMBRO DE 2009.

EMEFM Antonio Alves Veríssimo

Criada em 1985, a partir da doação de um prédio construído e equipado para a instalação de uma escola de Educação Infantil, como resultado de um acordo com a Prefeitura de São Paulo, a Unidade Educacional recebeu o nome do doador. A Escola Municipal de Primeiro Grau Antonio Alves Veríssimo passou a oferecer 2º Grau a partir de 1992, sendo posteriormente denominada EMEFM Antonio Alves Veríssimo. Atualmente, oferece Ensino Fundamental e Ensino Médio Regular.

EMEFM Vereador Antonio Sampaio

Inaugurada em julho de 1996, no terreno utilizado anteriormente pelo Clube Desportivo Municipal de Santana (CDMS), a E.M.P.G. Vereador Antonio Sampaio teve sua nomenclatura alterada em setembro do mesmo ano para E.M.P.S.G. "Vereador Antonio Sampaio", ao ser autorizada a oferecer curso técnico em processamento de dados, descontinuado posteriormente. Atualmente, oferta Ensino Fundamental e Ensino Médio Regular.

EMEFM Darcy Ribeiro

Anteriormente denominada E.M.P.S.G São Miguel Paulista, foi criada em outubro de 1996, ofertando o curso secundário com habilitação específica para o Magistério. Teve seu nome alterado, no ano de 1997, para EMEFM Darcy Ribeiro. O curso de Magistério foi, posteriormente, descontinuado. Oferece, atualmente, Ensino Fundamental e Ensino Médio Regular.

EMEFM Professor Derville Allegretti

Fundada na Baixada do Glicério, em março de 1968, com a denominação de Escola Técnica de Comércio Municipal, oferecia os cursos de Taquigrafia, Vitrinismo e Guia de Turismo. Transferida para o atual endereço em 1970, três anos depois recebeu o nome de Centro Interescolar Municipal de São Paulo. Posteriormente, em 1979, passou a se chamar Escola Municipal de 1º e 2º Graus Professor Derville Allegretti. A partir de 1982, começou a ofertar também o curso de Magistério e, em 1998, recebeu o nome EMEFM Professor Derville Allegretti. Atualmente, mantém o curso Normal de Nível Médio (antigo Magistério), além do Ensino Médio Regular e do Ensino Fundamental.

EMEFM Guiomar Cabral

A Escola Municipal de Primeiro e Segundo Graus de Pirituba foi criada em julho de 1996. Em 1997, introduziu o funcionamento dos cursos profissionalizantes com habilitação plena em Processamento de Dados e Administração. Recebeu, em seguida, o nome de E.M.P.S.G. Guiomar Cabral e, a partir de 2002, o atual. Continua oferecendo Ensino Fundamental e Ensino Médio Regular.

EMEFM Professor Linneu Prestes

Fundada em janeiro de 1960, recebeu o nome de Escolas Agrupadas Municipais Professor Linneu Prestes. Em 1970, passou a ser denominada Escola Municipal Professor Linneu Prestes e, em 1975, Escola Municipal de Primeiro Grau Professor Linneu Prestes. A partir de 1981, passou a oferecer o Segundo Grau (atual Ensino

Médio) e o curso com habilitação para o Magistério no ano de 1995. Oferece atualmente Ensino Fundamental, Ensino Médio Regular e Educação de Jovens e Adultos - EJA.

EMEFM Oswaldo Aranha Bandeira de Melo

Inaugurada no ano de 1984, com o nome de E.M.P.G. Oswaldo Aranha Bandeira de Melo, foi instalada provisoriamente em um prédio adaptado no Centro Comercial da COHAB Cidade Tiradentes. Em 1985, foi transferida para o prédio atual. Passou a oferecer, no ano de 1996, os cursos de 2º Grau com habilitação em Magistério e em Contabilidade, e a ser denominada Escola Municipal de 1º e 2º Graus Oswaldo Aranha Bandeira de Melo. Recebeu, posteriormente, o nome atual, e oferece Ensino Fundamental e Ensino Médio Regular.

EMEFM Rubens Paiva

Fundada, em 1995, sob o nome de E.M.P.G. Jardim Ângela, foi autorizada, em 1996, a oferecer o Curso de 2º Grau, além do Curso de 2º Grau Profissionalizante em Processamento de Dados e Administração, passando a ser denominada E.M.P.S.G. "Rubens Paiva". Atualmente, denominada EMEFM Rubens Paiva, oferece o Ensino Fundamental e o Ensino Médio.

EMEBS Helen Keller

Criado em 1951, o Núcleo Educacional para Crianças Surdas dedicava-se inicialmente a atividades de recreação. A partir do ano de 1958, passou a ser denominado Instituto Municipal de Educação de Surdos. Em 1969, teve sua denominação alterada para Instituto de Crianças Excepcionais Helen Keller e, a partir de 1979, para Escola Municipal de Educação de Deficientes Auditivos Helen Keller. Desde então, atende estudantes dos 3 aos 14 anos, da Educação Infantil até o final do Ensino Fundamental. Em 2019, após mobilização da comunidade escolar, foi autorizado o funcionamento do Ensino Médio Bilingue em regime experimental para posterior avaliação do Conselho Municipal de Educação. Atualmente, oferece Ensino Fundamental, Ensino Médio Bilíngue e EJA.

O Ensino Médio hoje

No ano de 2020, momento de elaboração deste documento, a RME iniciou a implementação do Novo Ensino Médio, alterando a dinâmica apenas nas escolas que ofereciam Ensino Médio Regular no período diurno. Especificamente neste ano de implementação, assim foram distribuídas as formas de atendimento:

Ensino Médio Diurno em Tempo Integral

É oferecido nas quatro escolas com atendimento diurno ao Ensino Médio Regular, exclusivamente aos estudantes matriculados a partir do ano de 2020. Ocorre em período estendido de, no mínimo, sete horas diárias, distribuídas em nove aulas de 45 minutos.

A EMEBS Helen Keller, autorizada pelo Conselho Municipal de Educação a oferecer Ensino Médio a partir de 2019, passa a oferecê-lo em tempo Integral a partir do ano de 2021.

Ensino Médio Diurno e em Tempo Parcial

Esta forma de atendimento foi mantida nas Unidades que receberam o Ensino Médio em Tempo Integral para atendimento aos estudantes matriculados até 2019, cuja matriz curricular não sofreu alterações. Sua carga horária é composta por aulas de 45 minutos, distribuídas ao longo de um turno de cinco horas.

A EMEFM Professor Derville Allegretti, além do Ensino Médio regular, também oferece curso Normal de Nível Médio, cuja carga horária é composta por sete aulas de 45 minutos, distribuídas em um período de cinco horas e meia.

Ensino Médio Noturno

O ensino noturno é ofertado em quatro escolas de Ensino Médio Regular neste ano de 2020. Atende os estudantes, em sua maioria trabalhadores, em um turno de quatro horas, distribuídas em cinco aulas diárias de 45 minutos.

A EMEBS Helen Keller também oferece Ensino Médio Bilíngue no período noturno, com carga horária de seis aulas diárias, com 45 minutos de duração cada, dentro de um turno de cinco horas.

A produção deste primeiro currículo, elaborado em conjunto com as Escolas Municipais de Ensino Médio da Cidade de São Paulo, visa a possibilitar que todas essas Unidades Educacionais consigam implementá-lo à luz de suas trajetórias e de suas especificidades, haja vista que, conforme já citado anteriormente, os currículos não são lineares nem tampouco produtos acabados; sua constituição se dá em um processo permanente de (re)construção.

Características do Ensino Médio na Rede Municipal de Ensino

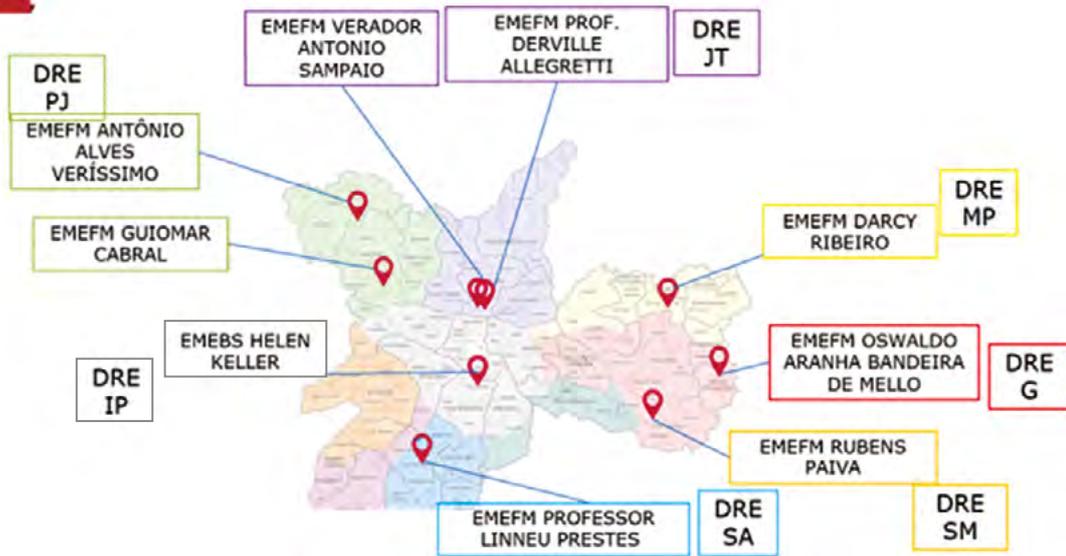
Escolas

O Ensino Médio possui a duração de três anos e o curso Normal de Nível Médio se desenvolve ao longo de quatro. As nove Unidades Educacionais estão localizadas em oito regiões diferentes da cidade, pertencentes a sete Diretorias Regionais de Educação - DREs:

- DRE Pirituba/Jaraguá (PJ) - EMEFM Antônio Alves Veríssimo e EMEFM Guiomar Cabral
- DRE Jaçanã/Tremembé (JT) - EMEFM Vereador Antonio Sampaio e EMEFM Professor Derville Allegretti
- DRE São Mateus (SM) - EMEFM Rubens Paiva
- DRE São Miguel (MP) - EMEFM Darcy Ribeiro
- DRE Santo Amaro (SA) - EMEFM Professor Linneu Prestes
- DRE Guaianases (G) - EMEFM Oswaldo Aranha Bandeira de Mello
- DRE Ipiranga (IP) - EMEBS Helen Keller



MAPA DAS ESCOLAS COM ENSINO MÉDIO DA RME-SP



Quem são seus estudantes?

O Ensino Médio conta, em 2020, com 2.511¹¹ estudantes matriculados. Destes, 2.341 estudantes responderam à autodeclaração de cor/raça¹², totalizando 55% brancos, 36% pretos e pardos, 0,3% amarelos, 0,2% indígenas, enquanto 6,8% preferiram não declarar e 1,5% se recusaram a responder. Ainda neste questionário, 0,76% informaram ser migrantes internacionais, oriundos de diferentes nacionalidades.

Em uma pesquisa realizada entre os estudantes, foram feitas algumas perguntas a fim de caracterizar suas identidades e desejos. O perfil traçado a partir dessa pesquisa permitiu identificar alguns traços das juventudes que frequentam as EMEFMs e a EMEBS.

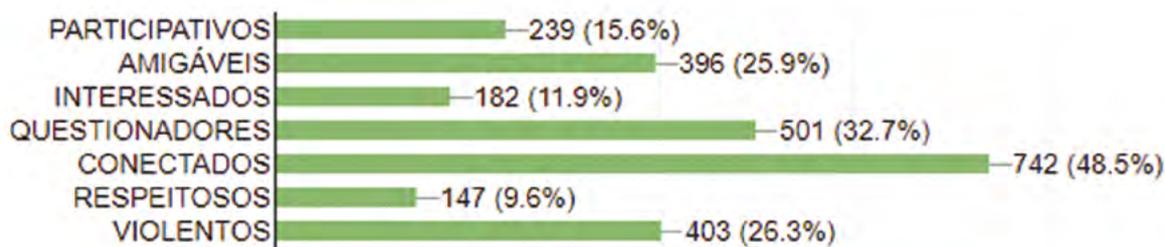
Os dados coletados mostram que 75,9% deles são oriundos da própria RME e 89,1% estão dentro da faixa etária esperada para esta etapa de ensino, 34,1% têm famílias de até quatro pessoas e 57,9% chegam à escola utilizando o transporte público.

Em relação ao projeto de vida dos estudantes, ficou explícito o desejo de continuidade dos estudos no nível superior e aproximadamente 46% deles sinalizaram o desejo de ingressar em uma Universidade Pública.

Perguntados sobre quais palavras melhor os descreveriam, 48,5% indicaram **Conectados** e 32,7%, **Questionadores**.

11 Informações extraídas do Sistema EOL, data base 26 de maio/2020.

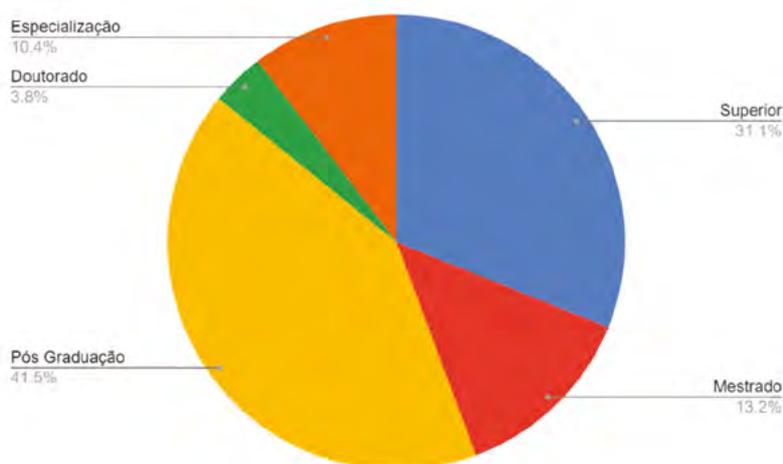
12 Denominação dada pelo IBGE.



Quanto à aprendizagem, os adolescentes destacam que a melhor maneira de aprender é unindo teoria e prática (43,1%) e também mantendo uma boa relação com os docentes (29,3%). E isto, de acordo com suas respostas, está presente nas escolas que frequentam, já que 52,4% apontam que o clima escolar é permeado pelo **Respeito** e 28,3%, pelo **Diálogo Aberto**.

Também foram ouvidos os professores que atuam no Ensino Médio, estabelecendo algumas características importantes dos profissionais que estão em contato com esses estudantes.

De acordo com os dados obtidos, 24,8% têm mais de 20 anos de carreira, 17,4% estão na mesma Unidade há pelo menos seis anos e 47,7% ministram aulas para o Ensino Médio há mais de seis anos também. Assim sendo, constituem um corpo docente com uma certa estabilidade, especializado e em constante atualização, segundo o que pode ser observado no gráfico seguinte.



Em busca de um currículo para o Ensino Médio: o documento Ensino Médio em Diálogos

Desde o final de 2014, a Secretaria Municipal de Educação vem organizando ações formativas destinadas às escolas de Ensino Médio. Nesse período, ocorreram vários encontros de educadores que discutiram diversos temas pertinentes ao Ensino Médio, como Juventudes, Currículo, Exame Nacional do Ensino Médio. Ocorreu, também, o 1º Encontro Municipal do Ensino Médio, o qual possibilitou que os professores da

RME debatessem problemas, desafios e experiências em suas práticas docentes, culminando na criação de encontros regionais de formação.

Depois, no ano de 2016, iniciou-se o segundo período da formação continuada aos profissionais que atuavam no Ensino Médio. O foco, naquele ano, foi articular os debates nas escolas, cuja finalidade seria a elaboração de um documento que integrasse as oito escolas de Ensino Médio da RME. As discussões buscaram olhar para a realidade das escolas a fim de que pudessem repensar seu espaço de atuação, considerando os sujeitos que convivem e atuam nessas Unidades Educacionais.

Com todos os adventos que culminaram na reconfiguração do Ensino Médio e na promulgação da Base Nacional Comum Curricular – BNCC, desde 2016, é importante que o conhecimento produzido pelo grupo de educadores que elaboraram o documento **Ensino Médio em Diálogos**, faça parte do *Currículo da Cidade – Ensino Médio*, uma vez que ele reflete as vivências, experiências e conhecimentos das pessoas que vêm atuando nessas comunidades escolares, nas diversas regiões do município.

Este documento procurou estabelecer princípios, convergindo a discussões de currículo e reflexões acerca da cidade como um espaço educador.

O **Ensino Médio em Diálogos** também é fruto de movimentos que têm se dedicado a refletir e discutir sobre o Ensino Médio. Assim, podemos citar o *Observatório da Juventude*, da Universidade Federal de Minas Gerais, o *Pacto Nacional pelo Fortalecimento do Ensino Médio*, do MEC, as *Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio* e o *Observatório Jovem*, da Universidade Federal Fluminense.

Esse cenário pautou as discussões realizadas em oito EMEFMs da Cidade de São Paulo, procurando construir diretrizes específicas, dada a peculiaridade de uma rede municipal de Ensino Médio que se estabeleceu anteriormente à LDBEN (Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996) e que tem consolidado a sua própria identidade a partir da compreensão de que a qualidade social da escola média está no amplo e democrático diálogo com todos os envolvidos na vida dessas Unidades.

Os temas apresentados no **Ensino Médio em Diálogos** foram sugeridos pelos educadores que participaram de sua elaboração, de acordo com as discussões realizadas nas formações, com as problematizações advindas da leitura dos documentos e, também, com base em estudos e dados coletados¹³ com os estudantes da Rede Municipal de Ensino.

13

Dados coletados por meio de questionários aplicados aos estudantes das EMEFMs.

Organização geral do Currículo da Cidade – Ensino Médio

Áreas do Conhecimento e Componentes Curriculares

- Área de Linguagens e suas tecnologias – Arte, Educação Física, Língua Espanhola, Língua Inglesa e Língua Portuguesa.
- Área de Matemática e suas tecnologias – Matemática.
- Área de Ciências da Natureza e suas tecnologias – Biologia, Física e Química.
- Área de Ciências Humanas e Sociais Aplicadas – Filosofia, Geografia, História e Sociologia.

Eixos/Campos

Os eixos estruturantes organizam os Objetos de Conhecimento dos Componentes Curriculares das respectivas áreas, organizando os Objetivos de Aprendizagem e Desenvolvimento que precisam ser alcançados a cada ano do Ensino Médio.

Assim como o *Currículo da Cidade do Ensino Fundamental*, o *Currículo da Cidade – Ensino Médio* define seus eixos estruturantes em função da natureza e das especificidades de cada Componente Curricular, observando níveis crescentes de abrangência e complexidade, sempre em consonância com a diversidade de saberes e com as possibilidades de aprendizagem dos estudantes. Na proposta curricular, os eixos são trabalhados de forma articulada, com a finalidade de permitir que os estudantes tenham uma visão mais ampla de cada componente.

Objetos de Conhecimento

Os Objetos de Conhecimento são elementos orientadores do currículo e têm a finalidade de nortear o trabalho do professor, especificando de forma ampla os assuntos a serem abordados em sala de aula.

O **Currículo da Cidade – Ensino Médio** considera o conhecimento a partir de dois elementos básicos: o sujeito e o objeto. O sujeito é o ser humano cognoscente, aquele que deseja conhecer; neste caso, os estudantes do Ensino Médio. Já o objeto é a realidade ou as coisas, fatos, fenômenos e processos que coexistem com o sujeito. O próprio ser humano também pode ser objeto do conhecimento. No entanto, o ser humano e a realidade só se tornam objeto do conhecimento perante um sujeito que queira conhecê-los. Tais elementos básicos não se antagonizam: sujeito e objeto. Antes, um não existe sem a existência do outro. Só somos sujeitos porque existem objetos. Assim, o conhecimento é o estabelecimento de uma relação e não uma ação de posse ou consumo.

Objetivos de Aprendizagem e Desenvolvimento

O **Currículo da Cidade – Ensino Médio** optou por utilizar a terminologia Objetivos de Aprendizagem e Desenvolvimento para designar o conjunto de saberes que os estudantes da Rede Municipal de Ensino devem desenvolver ao longo do Ensino Médio. A escolha busca contemplar o direito à educação em toda a sua plenitude – Educação Integral – considerando que a sua conquista se dá por meio de “um processo social interminável de construção de vida e identidade, na relação com os outros e com o mundo de sentidos” (SÃO PAULO, 2016a, p. 29).

Arroyo (2007) associa os objetivos de aprendizagem à relação dos seres humanos com o conhecimento, ao diálogo inerente às relações entre sujeitos de direito e à troca de saberes entre todos que compõem o universo escolar, bem como a comunidade e a sociedade em que está inserido.

No **Currículo da Cidade - Ensino Médio**, os objetivos de aprendizagem e desenvolvimento orientam-se pela Educação Integral a partir da Matriz de Saberes e indicam o que os estudantes devem alcançar a cada ano como resultado das experiências de ensino e de aprendizagem intencionalmente previstas para esse fim. Além disso, os objetivos de aprendizagem e desenvolvimento organizam-se de forma progressiva ao longo da etapa final da Educação Básica, permitindo que sejam constantemente revisitados e/ou expandidos, para que não se esgotem em um único momento e gerem aprendizagens mais profundas e consistentes. Embora descritos de forma concisa, eles também apontam as articulações existentes entre as Áreas do Conhecimento e os Itinerários.

Outro aspecto que merece destaque se refere à importância de promover ações destinadas à orientação e procedimentos de estudo, como forma de ampliar o grau de autonomia dos estudantes do Ensino Médio, procurando oferecer condições necessárias para o desenvolvimento de seu potencial crítico-reflexivo. A expansão da capacidade de estudar é condição essencial na busca pela emancipação, haja vista que favorece o desenvolvimento do artesanato intelectual, instigando a construção de novos conhecimentos em diferentes campos.

Nessa perspectiva, tanto a escrita quanto a leitura são o pano de fundo para o desenvolvimento e aprofundamento de diferentes formas de estudar (RIGOLON, 2013). Assim, quando se lê para estudar, lança-se mão de inúmeras estratégias de leitura, acionadas quando se lê com objetivos diversos. Conforme salienta Myriam Nemirowsky: “A prática da leitura une duas pontas de um caminho que pode transitar entre estudar para ler e ler para estudar” (*apud* SÃO PAULO, 2014, p. 31). Assim, faz-se necessário destacar o processo de formação intelectual dos estudantes por meio de orientações e procedimentos de estudo. Principalmente no caso dos estudantes do Ensino Médio, desenvolver o hábito de estudo é uma das funções do ato educativo que, além de práticas de leitura, envolve ainda situações de produções escritas diversificadas, como:

[...] localizar e grifar informações em função de diferentes objetivos de leitura que se tem, discriminar informações relevantes de outras periféricas e sintetizá-las por meio de anotações, produzir esquemas e mapas conceituais para registrar as várias leituras realizadas durante uma pesquisa, organizar um fichamento ou resenha, expressar o que se compreendeu utilizando diferentes procedimentos de estudo, reorganizando as informações, conceitos e fatos para compartilhá-los por meio de exposição oral com apoio escrito em debates, seminários, palestras, assembleias, discursos diversos, como os políticos, religiosos, sindicais e movimentos sociais em geral. (NEMIROWSKY *apud* SÃO PAULO, 2019, p.81).

Como dizia Freire, ensinar exige rigorosidade metódica e “é exatamente neste sentido que ensinar não se esgota no tratamento do objeto ou do conteúdo, superficialmente feito, mas se alonga à produção das condições em que aprender criticamente é possível” (1996, p. 29).

Desse modo, todas as áreas contemplam aspectos relativos à orientação de estudo, reiterando a importância de desenvolver, incentivar e aprofundar o repertório de experiências, saberes, conhecimentos, estratégias, procedimentos e técnicas de estudos individuais e/ou coletivos para que todos possam se transformar em verdadeiros estudantes.

Itinerários Formativos

A proposição dos *Itinerários Formativos e seus respectivos Percursos*, presentes no **Currículo da Cidade - Ensino Médio**, tem como referência os itinerários formativos da BNCC e considera uma série de aspectos que permeiam a organização do trabalho pedagógico nas Unidades Educacionais, buscando convergências que favoreçam o desenvolvimento de ações educativas coerentes com a formação integral dos jovens de diferentes territórios da Cidade de São Paulo. Deste modo, os *Itinerários Formativos* têm como objetivo promover experiências que busquem o desenvolvimento integral de todos os estudantes do Ensino Médio por meio de aprendizagens significativas.

Os *Itinerários Formativos* estarão organizados a partir das seguintes Áreas do Conhecimento: Linguagens e suas Tecnologias, Matemática e suas Tecnologias, Ciências da Natureza e suas Tecnologias, e Ciências Humanas e Sociais Aplicadas. Neste sentido, tais *Itinerários* devem inter-relacionar os conhecimentos basilares da formação geral, associando-os aos Objetos de Conhecimento que circulam em diferentes esferas da vida pessoal, social, profissional e cultural, de forma que os estudantes possam dar prosseguimento ao seu processo de escolarização, avançando, assim, no desenvolvimento de sua autonomia e emancipação ao longo de sua trajetória de vida.

Portanto, os *Itinerários Formativos* serão propostos a partir da integração entre as Áreas do Conhecimento, visando promover uma unidade teórico-prática entre diferentes campos do conhecimento, de forma sequencial e/ou complementar. Estarão estruturados de maneira flexível, interdisciplinar e poderão ser desenvolvidos em diferentes formatos: clubes, incubadoras, grupos de estudo e pesquisa, entre outros.

Para a implementação dos *Itinerários*, será necessário considerar os seguintes **critérios**:

- Aprofundar as aprendizagens relacionadas aos objetivos gerais e às Áreas do Conhecimento.
- Consolidar a formação integral dos estudantes, desenvolvendo a autonomia necessária para que realizem seus projetos de vida.
- Reforçar a incorporação de valores universais, como ética, liberdade, democracia, justiça social, pluralidade, solidariedade e sustentabilidade.
- Contribuir com a educação para as relações étnico-raciais, com o protagonismo dos povos originários e com a inclusão dos povos migrantes.
- Desenvolver capacidades que permitam aos estudantes ter uma visão de mundo ampla e heterogênea, tomar decisões e agir nas mais diversas situações, seja na escola, no trabalho ou na vida.
- Contextualizar os *Objetivos e Metas de Desenvolvimento Sustentável - ODS*.
- Utilizar uma abordagem que transponha as fronteiras disciplinares.
- Contribuir para a mobilização de saberes teórico-práticos.
- Articular as diversas Áreas para dialogarem e contribuírem com os demais componentes do currículo.

Além dos critérios citados, os *Itinerários Formativos* deverão, sempre que possível, estabelecer relações com as seguintes temáticas: Ética, Cidadania, Democracia, Relações Étnico-Raciais, Direitos Humanos, Diversidade, Juventudes, Tecnologias e Cultura Digital, Relações Interpessoais, Meio Ambiente e Sustentabilidade, Inclusão de Pessoas com Deficiência e Transtornos Globais do Desenvolvimento, Gênero e Sexualidade,

Mundo do Trabalho, Saúde e Bem-Estar, Saúde Pública, Projeto de Vida¹⁴, Desenvolvimento Tecnológico e Científico, entre outros temas da atualidade.

Eixos estruturantes

Os Itinerários Formativos e seus respectivos *Percursos* estão organizados a partir dos eixos a seguir:

- Investigação Científica
- Mediação e Intervenção Sociocultural
- Empreendedorismo
- Multiculturalismo e Multiletramentos
- Processos Criativos
- Gestão de Conteúdos e Informações
- Mediação e Intervenção Político-Econômica

¹⁴ Componente curricular inserido na matriz curricular do Ensino Médio, cuja finalidade é auxiliar o estudante a planejar sua vida profissional, pessoal e acadêmica no decorrer desta etapa de ensino.

PARTE 2

ÁREA DE CIÊNCIAS DA NATUREZA E SUAS TECNOLOGIAS



Introdução

O Currículo tem sido um tema central da educação desde sua formação como campo de conhecimento, que data do início do século XX. A partir de então, importantes processos e eventos de transformação social, como a industrialização, as guerras, a informatização e mais recentemente a conexão global por tecnologias digitais são seguidos por movimentos de proposição curricular em diversos países. Tais movimentos são fundamentalmente reativos às transformações da sociedade e indicam uma centralização histórica da organização curricular em torno de gestores e dirigentes superiores da educação, o que também está relacionado à organização escolar ter sido identificada como instrumento de poder para traçar políticas de desenvolvimento das nações.

Ocorre que passamos por mais uma profunda transformação do mundo na medida em que se identifica a emergência de novos meios de produção e relações de trabalho extensamente mediatizadas por novas tecnologias, entre elas as digitais, da inteligência artificial – IA, da comunicação de quinta geração 5G. Desta vez, dado o alto potencial participativo propiciado pelas redes digitais de comunicação, tem-se procurado estender a fase de proposição curricular àqueles que lidam com sua implementação nos espaços escolares, no sentido de reduzir as tensões decorrentes das coerções que delimitam tanto a proposição como a implementação das propostas curriculares. Dito de outro modo, busca-se aproximar e estreitar relações entre as chamadas agendas prescritivas das proposições e as agendas de trabalho de professores e alunos no ambiente escolar, ou seja, espera-se, neste documento construído dialogicamente, manter um sincronismo de ideias entre os responsáveis pela sua escrita e os diferentes atores da escola.

Outra característica marcante advinda da Era Digital é a dinamicidade, ou a aceleração dos processos sócio técnicos, cujo resultado é a rápida obsolescência e o tempestivo surgimento de novos conhecimentos. Paralelamente a este fato, verifica-se também, no mundo do trabalho, uma ampla e dinâmica reorganização das funções laborais que traz como consequência a eliminação massiva e a tímida criação de postos de trabalho. Concretamente, ambos os movimentos de produção de conhecimento e de inovação dos meios de produção estão correlacionados e são dirigidos por forças que também atuam na proposição curricular.

As mudanças de comportamento das pessoas, em especial, das crianças, jovens e adultos que habitam o mundo escolar, são flagrantes e também se relacionam fortemente com os aparatos tecnológicos e as novas formas de interação da Era Digital. Visivelmente, as formas de comunicação têm conhecido inovações que são desavisadamente tomadas como o germe das mudanças de comportamento da sociedade (GIORDAN, 2013). No entanto, há aspectos mais sensíveis às práticas e valores da sociedade, relacionados, por exemplo, à identidade e à cultura, que têm conhecido transformações substanciais, às quais estão subordinadas a ampliação do conhecimento e os novos meios de produção. Portanto, é preciso deixar de tratar os conteúdos escolares como coisas mortas, distantes da vida real dos alunos (DUARTE, 2016) para inseri-los em um movimento curricular que os ressignifique à luz das transformações necessárias para o desenvolvimento humano.

Estas observações gerais sobre o processo de construção curricular têm como objetivo destacar sua amplitude e também sua especificidade. O currículo é antes de tudo um processo, além de um texto, cuja manifestação está historicamente inscrita e determinada por tensões entre o todo e a parte, a conjuntura econômica e as interações em sala de aula, as ideologias dominantes e a seleção de conhecimento, enfim, aspectos macro e micro de diversas facetas do mundo escolar, conforme têm destacado diversos estudiosos, entre eles, Lopes e Macedo (2011). Portanto, na construção curricular, é necessário realizar um movimento que aproxime as grandes tensões imanentes à mudança de Era, em especial entre o conhecimento e o mundo do trabalho, daquelas tensões reificadas nas necessidades e motivações contrastantes dos atores escolares, entre suas práticas cotidianas e aquelas estabelecidas nos diversos campos do conhecimento (SAVIANI, 2019).

Cientes de nos inserirmos em uma cadeia discursiva que se estende em múltiplas direções da atividade humana, tanto em seu projeto coletivo como individual, de reconhecida e indeterminável complexidade, nos propomos a construir um elo nesta cadeia a partir de respostas a questões mais gerais sobre a natureza da atividade humana: o que, por que, como, quando, onde e para quem aprender. O lugar social de formadores de professores e pesquisadores do Ensino de Ciências é também palco das tensões cotidianas entre nossas práticas e proposições em um cenário construído em permanente intercâmbio com outros cenários, como a escola, os movimentos sociais, as empresas etc. Deste ponto de vista, propor as bases do movimento curricular que se deseja pôr em curso na Cidade de São Paulo, em face de todos os determinantes históricos, sociais e materiais da escola e de sua relação com a sociedade, leva-nos a dimensionar um elo dialógico em permanente escuta e responsividade com a pluralidade dos profissionais da Educação, que fortaleça os projetos político-pedagógicos e as ferramentas de transformação das realidades com as quais o mundo escolar interage.

Quem aprende Ciências

Por uma questão de prioridade, iniciamos a discussão sobre para quem construir um currículo. A resposta mais imediata é para o/a estudante que habita a Cidade de São Paulo, o que não deixa de ser incompleta, pois a construção de um currículo trata também de sua implementação, que envolverá toda a comunidade escolar. O que consideramos mais importante na resposta é ter em vista a prioridade em criar e implementar um currículo que atenda às necessidades dos estudantes e seja compatível com as possibilidades concretas dos profissionais da escola em conduzir o processo.

Consideramos, em um apanhado geral, os jovens, que habitam as salas de aula do Ensino Médio na Cidade de São Paulo, como sendo sujeitos que constroem suas identidades diante de condicionantes de um mundo mediatizado por tecnologias, constituído por relações assimétricas de trocas simbólicas e materiais, e que tem lhes trazido problemas originais atinentes à sobrevivência e ao desenvolvimento fortemente condicionados pela cultura científica (LIMA; GIORDAN, 2018). A este jovem, propomos criar ambientes que lhes permitam forjar seus elementos identitários a serviço de seu desenvolvimento integral, o que deve considerar os fatores de tensão a envolver suas próprias necessidades e motivações e diversas dimensões da escolarização que costumam ser cristalizadas no currículo.

A participação dos estudantes na criação do currículo passa pela construção dos ambientes de ensino-aprendizagem e, para tal, suas condições de atuação precisam ser garantidas pela escola não apenas para

implementar, mas também para propor ações curriculares. Portanto, não basta aos professores trazer problemas referenciados na realidade como mediadores da enculturação científica. Ainda que tais problemas sejam significativos para os estudantes, é preciso que esses sejam capazes de identificar temas e situações que satisfaçam suas próprias motivações. A arte está em transformar as dificuldades em ambientes significativos para que os estudantes se apropriem das formas de pensar, comunicar e agir referenciadas na cultura científica, em permanente diálogo com seus anseios.

Reconhecer o protagonismo dos estudantes diz respeito também a oferecer-lhes condições e meios de produção e troca material e simbólica que lhes sejam mais familiares. Com isso, não queremos reduzir suas formas de atuação, pensamento e comunicação aos ditames cotidianos, nem ao senso comum. Particularmente, referimo-nos às tecnologias digitais de informação e comunicação, cujos cenários e ferramentas têm constituído a maior parte das atividades desses jovens, considerados por alguns pensadores como “nativos digitais” (PRENSKY, 2010). À parte da polêmica delimitação de fronteiras em termos etários entre a emergente cibercultura e outras manifestações culturais, importa observar, especificamente sobre a formação de suas identidades, que a realidade construída pelos estudantes, nesses cenários e com essas ferramentas, expande-se para abarcar a diversidade de lugares, culturas, valores e conhecimentos em nível global.

Os jovens paulistanos encontram em suas trajetórias de vida situações que ampliam suas realidades locais em permanente interação com realidades espalhadas pelo mundo conectado e globalizado pelas tecnologias digitais, o que lhes confere uma identidade potencialmente cosmopolita no sentido estrito das trocas realizadas no ciberespaço. É função de um projeto de criação curricular de Ciências da Natureza e suas Tecnologias mediar a expansão das fronteiras de atuação de estudantes e professores, de modo a sustentar suas práticas e conhecimentos por meio de temas, problemas e cenários diversificados, capazes de tornarem significativos e universais os objetos de conhecimento mais caros à cultura científica. Construir identidades cosmopolitas de jovens diz respeito a reconhecer as Ciências, bem como outras manifestações culturais, como fontes de ampliação das visões de mundo e do necessário respeito e valorização das diferenças entre as formas de pensar, comunicar e agir de cada cultura.

Onde e quando aprender Ciências

Para dar curso a esta empreitada, sugerimos também expandir o projeto curricular em direções que ampliem a concepção de escola em suas dimensões espacial e temporal. Falar de onde e quando organizar as formas de aprender diz respeito a reconhecer quais condições materiais e históricas determinam a existência da escola no início do século XXI.

O início deste século foi marcado por uma ampla mobilização das nações, a partir de organismos multilaterais, mormente a Organização das Nações Unidas - ONU, em torno da sustentabilidade das intervenções humanas na Terra, o que pode ser resumido em protocolos como aqueles que deram origem às “Orientações para o Desenvolvimento Sustentável” (UNESCO, 2017). Certamente, as Ciências da Natureza e suas Tecnologias têm aportes substanciais para tratar problemas atinentes ao clima, à qualidade da água, aos impactos da extração mineral e das usinas nucleares, à preservação de espécies em risco de extinção, à produção de alimentos, entre muitos outros relativos à interação dos humanos com o ambiente natural. Antes de tomá-los em apoio ao argumento de um currículo alinhado à sustentabilidade, é preciso observar

que estes problemas estão fortemente determinados pela estrutura social e formas de produção que se manifestam na organização escolar.

As melhores condições de construção dos ambientes de ensino e aprendizagem têm sido corretamente apontadas como necessárias para o desenvolvimento de qualquer proposta curricular. A Educação Científica deste século requer a existência não apenas de espaços específicos para experimentação com os fenômenos do mundo concreto, os laboratórios didáticos de Ciências, mas também de tecnologias digitais e de comunicação em alta velocidade por meio das quais se materializam a simulação e o controle de variáveis desses mesmos e de outros fenômenos. Asseveramos que se trata de uma expansão dos ambientes de ensino e aprendizagem em face de uma necessária articulação entre eles, e não tão somente de substituição ou justaposição de ambientes. As atividades práticas, que não se restringem aos laboratórios didáticos, apresentam grande potencial de reestruturação e de aprendizagem quando mobilizam instrumentos da experimentação e ferramentas digitais em cenários construídos por problemas orientados ao desenvolvimento sustentável e ao desenvolvimento integral dos alunos.

Outro aspecto recorrente das condições de produção do currículo na escola é sua forma de interagir com a comunidade e o meio no qual ela se insere. Muitas questões com potencial problematizador surgem nas relações cotidianas dos estudantes, como a qualidade da água de córregos e mananciais que cortam a cidade, os meios de transporte que permitem o acesso ao trabalho e ao lazer, a qualidade do ar que se respira em São Paulo. O saneamento básico em geral é tema especialmente significativo para vincular os objetos de conhecimento da cultura científica e as condições de habitação da população, principalmente quando esses cursos d'água são afetados pela emissão de esgoto doméstico, comercial e industrial. Por outro lado, o acesso da população a equipamentos de divulgação científica, como parques, jardins botânicos, museus e centros de ciências também pode ser incluído no planejamento didático, sendo esses distantes ou próximos à escola. O deslocamento urbano já é por si só um tema de amplo interesse que reflete as condições materiais e as formas de interação da escola com a comunidade, cujas variáveis são potencialmente significativas para aprender ciências.

A escola do século XXI deve se preparar para lidar com riscos de caráter material, como a propagação de epidemias, em particular as medidas de quarentena estabelecidas para enfrentar o vírus SARS-CoV2, que resultou na pandemia conhecida como COVID-19¹. Mais do que compreender as complexas relações entre a propagação de um vírus em taxas exponenciais e a ocupação de leitos hospitalares, ou a origem e tratamento dos sintomas da doença e sua relação com objetos de conhecimento da fisiologia e farmacologia, é necessário reconhecer as fontes seguras de informação que chegam à população por meio da divulgação científica.

Neste sentido, é preciso também tratar dos riscos simbólicos associados à criação e disseminação de notícias falsas, com suposto teor científico. A autoridade do discurso das Ciências tem sido ameaçada no início deste século não apenas em razão de sua negação direta, mas também pela falsificação de formas típicas de pensamento científico, seja pela adulteração de dados, seja pela distorção das conclusões ou ainda pela inversão ou impropriedade de apoios na construção de argumentos.

O papel da escola é fundamental para a mitigação desses riscos e, portanto, o planejamento curricular deve ser orientado a lidar com situações de risco, inclusive para que as ações do planejamento sejam revisitadas e desmontadas, no sentido de explicitar as coerções sociais, políticas, materiais e históricas ao longo do processo de seleção de temas e construção de problemas nucleadores do currículo.

1 SARS-CoV2 é o acrônimo em inglês de Síndrome Respiratória Aguda Grave 2. COVID-19 é o acrônimo em inglês para Doença do Corona Vírus 2019.

Como aprender Ciências

O desafio anunciado à Educação Científica no contexto da Era Digital diz respeito formalmente aos rumos da humanidade diante das mudanças em curso. A acelerada expansão da base de conhecimento das Ciências e o aumento da complexidade das relações de produção lastreada na Indústria 4.0², na qual máquinas e produtos estão conectados e programados em redes de alta velocidade, são exemplos manifestos da mudança de Era. Abarcar a ampla gama de objetos de conhecimento torna-se missão quase impossível em um cenário de franca expansão das fronteiras do conhecimento. Para enfrentar esses desafios, torna-se mandatório buscar, nas bases do pensamento científico e do próprio desenvolvimento humano, uma solução que compatibilize a generalização abstrata de conceitos e seu caráter praxiológico. Esta solução tem sido empregada de forma mais ou menos estruturada ao longo da evolução humana e é a marca indelével das Ciências, a construção e resolução de problemas, seja de forma espontânea ou detalhadamente projetada.

Nossa interação com o ambiente natural se estabelece por meio de instrumentos e tem sido historicamente marcada por nossa (in)capacidade de controlar os fenômenos, o que resulta no desenvolvimento de formas específicas de organização de nossas ações e no domínio de propriedades e variáveis dos fenômenos. Nesse processo de interação e disputa por sobrevivência no ambiente natural, novos instrumentos são criados e o controle sobre os fenômenos torna-se dependente da capacidade de projetarmos novas formas de intervenção na natureza. Tal capacidade de projetar, antecipar controlada e intencionalmente a atuação sobre um fenômeno para atingir determinado objetivo resulta de um amplo e complexo conjunto de funções mentais e comunicacionais desenvolvidas diante de situações desafiadoras – que se colocam, muitas vezes, como obstáculos para satisfazer nossas necessidades – as quais resumidamente chamamos de problemas.

Foi pela necessidade de defesa e depois de alimentação pela caça de outros animais que o ser humano se deparou com inúmeras situações desafiadoras que resultaram no controle do fogo, processo de longo prazo que resultou na ampliação de nossas capacidades comunicativa, de linguagem, de pensamento e de transformação do ambiente natural e manufaturado. Todas essas capacidades são lastreadas em ferramentas de pensamento e instrumentos criados para resolver problemas. Portanto, é pela construção e solução de problemas que desenvolvemos nossas formas de intervenção no ambiente e nossas formas de pensamento, linguagem e comunicação.

No desenvolvimento das Ciências da Natureza, problemas têm sido construídos mediante a criação de instrumentos específicos que potencializam o controle dos fenômenos e também de nossa capacidade de prever seus comportamentos mediante a formulação de hipótese e, portanto, interpretação desses fenômenos. Exemplos paradigmáticos podem ser recolhidos da História das Ciências, como a própria compreensão da combustão. O papel que desempenha o oxigênio no processo de combustão foi reconhecido a partir do *design* de situações-problema, algumas das quais levaram ao aperfeiçoamento da balança e de outros equipamentos, cujas soluções resultaram em um conjunto sofisticado de regras e formas de proceder que lançaram as bases da Química moderna.

A detecção de partículas elementares como o neutrino só foi possível quando se foi capaz de especificar teoricamente a massa e a carga neutra e, deste modo, num primeiro momento, entender que os equipamentos existentes não seriam capazes de detectá-las. O desenho de experimentos capazes de evidenciar a existência da então chamada partícula fantasma exigiu alto grau de criatividade e de técnicas até então

² Trata-se da quarta revolução industrial, impactada pela internet 5G que permitirá a interconexão inteligente entre as máquinas.

inexistentes. Finalmente, os experimentos realizados em meados do século XX, com a participação decisiva do pesquisador brasileiro César Lattes, tornaram os neutrinos realidade.

O microscópio tornou possível a visualização de estruturas que conferiram unidade aos seres vivos e levaram à formulação da teoria celular; sob esse enfoque teórico, ampliaram-se os conhecimentos físico-químicos da vida com repercussões sobre a saúde e o bem-estar das sociedades humanas. Hoje, a célula e outros termos associados, por exemplo, célula-tronco, organismos geneticamente modificados etc., muitas vezes carregados de controvérsias, fazem parte de nossa cultura.

Portanto, a construção e resolução de problemas é o meio preferencial para desenvolver as capacidades de pensamento, de linguagem, comunicação e atuação típicas da cultura científica e também de outras formas estruturadas de pensamento e interação com o mundo. Por meio dessa abordagem, a organização curricular das Ciências da Natureza e suas Tecnologias se direciona a atender as demandas sociais, cognitivas e também afetivas, na medida em que as necessidades individuais sejam contempladas, para o desenvolvimento integral dos estudantes e também dos profissionais da educação e no limite da comunidade escolar.

Por que aprender Ciências

Aprender Ciências diz respeito a um processo de adentrar uma nova cultura e, portanto, a apropriação do pensamento, da linguagem, da comunicação e da atuação referenciados na cultura científica deve estar a serviço do desenvolvimento e da interação dos estudantes com um mundo construído pelos aparatos sociotécnicos, materiais e simbólicos que têm sido estabelecidos ao longo de séculos e se encontram em franca transformação. Aprender ciências para viver e atuar crítica e propositivamente em um mundo em permanente, complexa e rápida transformação é um objetivo que temos a cumprir com esta proposta curricular.

Dada a dinamicidade das transformações que temos conhecido, característica da emergência da Era Digital, é necessário criar bases curriculares suficientemente flexíveis e adaptáveis para tomar os problemas atuais como fontes de criação e desenvolvimento das ações concretas em sala de aula. Como destacamos anteriormente e aprofundaremos adiante, os problemas que temos e iremos enfrentar dizem respeito a uma sociedade de riscos que deve compatibilizar suas interações com o ambiente natural, de modo a abrigar a sustentabilidade em escalas local e global. Compreender criticamente e atuar propositivamente para conciliar os parâmetros de risco e sustentabilidade devem guiar os processos de planejamento e atuação na sala de aula e, nesta medida, propiciar a aproximação entre o mundo escolar e as realidades locais e globais. Aprender ciências diz respeito a compreender e atuar no sentido da mitigação de riscos e da intensificação de condutas social e ambientalmente sustentáveis.

As razões e finalidades de aprender ciências devem estar a serviço da construção de identidades plurais de bebês, crianças, adolescentes, jovens e adultos, que lhes permitam expandir suas capacidades criativas, respeitando individualidades e convergindo para a convivência solidária e colaborativa dentro e fora da escola. Superar obstáculos de segregação de qualquer tipo implica reconhecer diferenças entre pessoas e coletivos que são características da história da humanidade. No entanto, devemos passar do reconhecimento tácito das diferenças para sua explicitação como mola propulsora de movimentos curriculares inclusivos, capazes de borrar as fronteiras entre a escola e a sociedade, entre as culturas e, de modo geral, entre o sujeito e o coletivo. Aprender ciências diz respeito a reconhecer nos princípios e valores da cultura

e racionalidade científicas objetos de conhecimento em permanente tensão com princípios e valores de outras esferas da atividade humana, na direção de desenvolver a criatividade, solidariedade e colaboração.

O que aprender nas Ciências

Com o exposto até aqui, queremos refutar a visão curricular como um conjunto de conteúdos, competências, habilidades, objetos de conhecimento etc. Tendo caráter processual, a construção do currículo fundamenta-se nas bases de aprendizagem e desenvolvimento humanos, que não se reduzem ao conhecimento em si, mas compreendem a mobilização dos meios que nos colocam em interação com o mundo natural e social: o pensamento e a comunicação por signos, bem como a ação por instrumentos. Conciliar os objetos de conhecimento a essas práticas existenciais é o desafio que enfrentamos para tornar a escola uma esfera potente de produção e construção humanas e livrá-la das amarras reativas e adaptadas às culturas hegemônicas. A conciliação é também um processo a envolver a negociação das necessidades e motivações de estudantes e professores, sendo portanto um processo cujos desdobramentos apontam na direção de pensar, comunicar e agir com quaisquer que sejam os objetos de conhecimento e suas origens.

Para colocar em movimento o currículo, temas de caráter sociocientífico têm sido nacional (CONRADO; NUNES-NETO, 2018) e internacionalmente (ZEIDLER, 2016; ZEIDLER *et al.*, 2005) engendrados em problemas capazes de suscitar a construção de ambientes e a organização de etapas de aprendizagem, a mobilização de objetos de conhecimento e o engajamento de estudantes e professores, de modo a promover o desenvolvimento do pensamento, da linguagem da comunicação, da tomada de decisão e da participação do estudante na construção de soluções e, portanto, na promoção do protagonismo da escola em oposição ao papel prescritivo trazido pelos movimentos curriculares de outrora. A arte para construir um movimento curricular com protagonismo escolar está em selecionar criativa e criticamente temas potentes para construir problemas que aproximem as esferas científicas e sociais.

A amplitude e a especificidade temáticas são parâmetros importantes que repercutem diretamente na problematização das atividades de aprendizagem. Os movimentos de aproximação e distanciamento das realidades locais podem ser combinados a movimentos inversos de distanciamento e aproximação de realidades globais, na medida em que se propõem critérios para seleção temática. Por certo, temas relacionados à alimentação, ao transporte, ao trabalho, à moradia, à saúde, à cultura, ao esporte, ao clima, ao acesso à informação desencadeiam problemas com alcance local e global, cujos critérios de seleção são dependentes da capacidade da escola em circunstanciá-los às suas condições materiais, sociais e históricas em permanente atenção às necessidades e motivações de estudantes e professores. Temas potentes para aprender Ciências são aqueles que inserem estudantes e professores em movimentos de alternância entre o local e o global, entre a descrição e a generalização, entre o dado e a conclusão, entre a previsão e a decisão, entre a pergunta e a resposta, e que subsidiem a realização de atividades de aprendizagem que os levem a expandir as fronteiras escolares, com destino a aproximar as realidades locais e globais.

Para empreender a construção de problemas mediadores da aprendizagem científica escolar, consideramos a seguir dois grandes temas que têm sido recorrentemente tratados em diversos segmentos do mundo globalizado, a sustentabilidade e o risco.

Sustentabilidade para aprender Ciências

A ideia de sustentabilidade foi inicialmente aplicada a atividades produtivas, como a silvicultura e a pesca, por exemplo. Seus fundamentos se apoiam no conhecimento de que árvores e peixes, assim como os demais seres vivos, têm potencial de crescimento e reprodução além do que é necessário para manter suas populações estáveis. Tal característica permite às espécies restabelecer suas populações quando, por exemplo, essas são dizimadas, como resultado de uma catástrofe natural. Esse potencial de crescimento torna possível retirar do ambiente certa quantidade de peixes e árvores sem comprometer a manutenção dessas populações.

A noção de sustentabilidade pode ser estendida para ecossistemas, referindo-se a casos em que há ciclagem de materiais, manutenção da diversidade das espécies e onde a principal fonte de energia é o Sol. Ecossistemas que persistem ao longo do tempo são ecossistemas sustentáveis.

A mesma noção também pode ser aplicada à sociedade; sociedades sustentáveis são aquelas que estão em equilíbrio com o mundo natural e social, e que se mantêm ao longo do tempo sem esgotar os recursos do ambiente e sem acumular poluentes. Essa é uma imagem idealizada, que não se reflete nas sociedades modernas. Alto consumo de energia e de recursos, produção de grandes quantidades de poluentes que se acumulam no ambiente, países com elevada taxa de crescimento populacional sem atender a necessidade de alimentos e de saneamento são características que nos mostram o quanto diferentes países se distanciam da sustentabilidade. Entretanto, a sustentabilidade deve ser defendida como um ideal, um valor a ser buscado. Esse é o motivo de orientar o currículo para o desenvolvimento sustentável.

A ideia de desenvolvimento sustentável reconhece a sustentabilidade e busca compatibilizá-la com as necessidades de alimento, saúde e bem-estar das populações humanas, significa atender às necessidades do presente, sem comprometer a capacidade de gerações futuras atenderem às suas próprias necessidades. É importante reconhecer que desenvolvimento sustentável pode significar coisas diferentes a depender do ponto de vista de análise: o olhar de economistas dá relevância para crescimento, eficiência, otimização de recursos; os sociólogos focalizam necessidades humanas e conceitos como igualdade, coesão social, identidade cultural; os ecologistas priorizam a preservação dos sistemas naturais e da biodiversidade, e o manejo do ambiente dentro dos limites de sua capacidade. É importante buscar soluções sustentáveis traçadas a partir da intersecção das dimensões ambiental, social e econômica. Trocar o modo de vida que temos hoje por outro que seja verdadeiramente sustentável é uma mudança extremamente complexa, difícil mesmo de imaginar. Uma transição desse porte requer comprometimento e envolve não apenas o cuidado com o mundo natural, mas também justiça e equidade.

Alguns pontos são discutidos e propostos como necessários para que ocorra a transição do que temos atualmente para um futuro sustentável, por exemplo: a diminuição da taxa de crescimento da população humana; a substituição de uma economia baseada no consumo por outra que evite o esgotamento dos recursos naturais; uma transição tecnológica que substitua processos altamente poluentes, em especial, tecnologias que substituam o uso de combustíveis fósseis por energia renovável; a adoção de políticas públicas voltadas para a eliminação da pobreza; a substituição da organização urbana que expande as cidades e é altamente dependente de deslocamentos com carros pela adoção do conceito de crescimento inteligente, com cidades menores, funcionais e mais habitáveis.

A formação de nível médio, em particular a área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias se orienta para desenvolver elementos que permitam aos estudantes acompanhar e participar do debate dessas ideias, influenciar decisões, escolher alternativas e comprometer-se na direção da sustentabilidade.

Em continuidade aos Objetivos de Desenvolvimento do Milênio - ODM as Nações Unidas definiram os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável - ODS, compondo a Agenda 2030 - um plano de ação para as pessoas, o planeta e para a prosperidade. Em 2015, os países-membros das Nações Unidas reconheceram que a erradicação da pobreza é o maior desafio global e um requisito para o desenvolvimento sustentável. Essa agenda funciona como uma plataforma de ação para a comunidade internacional na promoção da prosperidade comum e do bem-estar para todos e reflete os novos desafios de desenvolvimento.

Os objetivos e metas traçados respondem a uma gama de necessidades, incluindo educação, saúde, proteção social, proteção ambiental, oportunidades de trabalho, infraestrutura, energia e biodiversidade. Os objetivos e metas da Agenda 2030 são voltados para as pessoas (acabar com a pobreza e garantir dignidade e igualdade para todos os seres humanos viverem num ambiente saudável), o planeta (atenção à gestão de recursos, mudanças climáticas, consumo e produção sustentáveis para suportar as necessidades de gerações presentes e futuras), a prosperidade (assegurar que o progresso econômico, social e tecnológico ocorra em harmonia com a natureza e garanta uma vida próspera a todos os seres humanos), e a paz (promover sociedades pacíficas, justas, inclusivas e livres de violência).

No Currículo da Cidade de São Paulo, a área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias está comprometida com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável - ODS, e os quadros de Objetivos de Desenvolvimento e Aprendizagem indicam os ODS correspondentes, sugerindo temas para seu desenvolvimento.

Aprender Ciências em uma sociedade de riscos

A noção moderna de risco apareceu junto com a expansão europeia no século XVI, baseada nas trocas comerciais, e inaugurou uma nova visão de mundo. Embora o risco tenha um papel estrutural na organização de todas as culturas (DOUGLAS; WILDAVSKY, 2012), na tradição ocidental ele se constituiu como uma avaliação sobre incertezas futuras que levariam a situações perigosas, como a fome, a morte, a derrota etc. No entanto, a avaliação de risco nem sempre foi parte das preocupações humanas. Muito no passado, nos tempos das primeiras civilizações, caçadores e agricultores faziam oferendas e celebravam festas aos deuses pedindo intervenção para terem boas caçadas e boas safras. Eles lidavam com a fome apelando aos deuses. Em algumas culturas, tudo se ligava ao destino e, portanto, não havia o que fazer, pois o destino era sempre certo.

No Renascimento, por volta do século XV, começou a se formar uma outra maneira de lidar com as incertezas do futuro: aparecimento do conceito moderno de risco. Os seres humanos, por meio do conhecimento científico, assumiram a responsabilidade de estimar o que estaria por vir. Nesta visão racionalizada do futuro seria possível tomar as decisões corretas de modo a evitar as situações de perigo. O destino deixava de pertencer somente aos deuses e passava a ser consequência de decisões de homens e mulheres. Um bom exemplo disso era como os mercadores se aventuravam pelos mares do Atlântico nas rotas para as Índias e para as Américas. As viagens eram verdadeiras aventuras, cheias de perigos, mas os barcos não partiam sem preparação prévia. Os capitães tinham mapas, instrumentos para leitura do céu, bússolas, além de navios preparados para enfrentar as águas agitadas e os ventos fortes. Apesar de tudo isso, havia sempre a possibilidade de os barcos se perderem, serem parcial ou totalmente danificados. Mas ainda assim valia

a pena, pois para cada dezena de barcos que partiam apenas alguns não regressavam. Construiu-se um meio de estimar o risco nas viagens. Isto era tão verdadeiro que os proprietários europeus de naus e galeras passaram a se cotizar, separando um pouco de dinheiro para se precaver de perdas de barcos durante uma viagem. Era criada uma forma primitiva de seguro. Peter Bernstein escreve sobre o gerenciamento de riscos pelos mercadores da seguinte forma:

Os seguradores ativos na Itália no século XIV nem sempre deixavam satisfeitos seus clientes [...]. Um mercador florentino chamado Francesco di Marco Datini, que negociou com lugares tão distantes como Barcelona e Southampton, escreveu uma carta à esposa reclamando de seus seguradores. 'De quem eles seguram', escreveu, 'adoram arrancar o dinheiro; mas quando sobrevém o desastre, a situação muda, e cada homem dá as costas e tenta não pagar'. Francesco sabia de que estava falando, pois, ao morrer, deixou quatrocentas apólices de seguros marítimos em seu legado. A atividade seguradora ganhou impulso em torno de 1600. O termo apólice, então já de uso generalizado, deriva do italiano polizza, que significa uma promessa. Em 1601, Francis Bacon apresentou um projeto de lei ao Parlamento que regulamentava as apólices de seguro, 'de uso corrente entre mercadores deste reino e das nações estrangeiras'. (BERNSTEIN, 2011, p. 97).

A noção moderna de risco envolve, de um lado, a capacidade de estimar cenários futuros e a probabilidade de cada um deles. Para isso, muito conhecimento científico precisa ser mobilizado para, junto com estimativas de ordem matemática, produzir-se uma árvore de possibilidades. O conceito matemático de risco se fundamenta na ideia desenvolvida por Daniel Bernoulli, que considera risco a combinação da probabilidade com o impacto produzido por cada possibilidade. Este é um conceito desenvolvido no final do século XVIII e ainda hoje fundamenta toda base das avaliações de risco.

Na atualidade, apesar de todo o progresso da ciência e da tecnologia, a percepção das pessoas é de que vivemos mais expostos aos riscos do que no passado. Mary Douglas (1994) afirma que existe uma contradição entre medida e percepção dos riscos, uma vez que os avanços da ciência e da tecnologia pareceram nos colocar num mundo menos perigoso, onde há vacinas, tratamento de água, abundância de alimentos e, por outro lado, uma desconfiança crescente das pessoas sobre as condições de vida. Claramente, a percepção do risco é influenciada pela capacidade humana, ampliada pela ciência e pela tecnologia, em transformar o ambiente. De uma época em que a humanidade temia os perigos naturais, como tempestades, secas prolongadas, doenças, o temor passou a ser a destruição da natureza e, por conseguinte, das condições para a vida humana e de outros seres vivos. O ambiente natural tem sido ameaçado direta e indiretamente pelas ações do homem. O aquecimento global, a desertificação da superfície, a contaminação dos solos e da água são alguns exemplos de ocorrências que têm origem na ação humana. Para alguns autores, passamos a viver numa sociedade de riscos (BECK, 1992), na qual o desenvolvimento da ciência e da tecnologia acabou por gerar efeitos colaterais imprevisíveis que se voltam contra as condições de vida no planeta. Por serem geradas no interior da sociedade, como decorrência da própria ação humana, os riscos contemporâneos são chamados de "riscos manufaturados" (GIDDENS, 1990).

Na sociedade contemporânea, situações envolvendo riscos passaram a ser uma fonte constante de preocupação. Hoje existem áreas do conhecimento que desenvolvem teorias sobre risco e tomada de decisão. Governos de todo o mundo têm setores especializados em estimar o risco e orientar a tomada de decisão sobre como lidar com ele em diversos setores, como na economia, na administração, na formação de quadros. Resumidamente, a gestão de risco é uma área que envolve conhecimento científico associado ao conhecimento de várias áreas.

Uma das habilidades mais importantes na atualidade é a capacidade de entender que todas as decisões tomadas, em nível individual ou coletivo, são revestidas de riscos e precisam ser avaliadas a partir do acesso a fontes confiáveis de informação. Tomar consciência e decisões ante os riscos manufaturados exige formação científica específica e direcionada, pois riscos manufaturados se manifestam como um amálgama de aspectos objetivos e subjetivos (SCHENCK *et al.*, 2019), de características científicas e sociais, de valores individuais e coletivos. Entender o papel da ciência e da tecnologia na sociedade de riscos é uma necessidade formativa do cidadão contemporâneo. Para isso, devemos considerar que, por um lado, deve-se conhecer a ciência e a tecnologia e seus aspectos internos; por outro lado, deve-se conhecer a maneira como tais instâncias do conhecimento definem as relações sociais e as relações da sociedade com a natureza. É necessário estabelecer parâmetros que permitam aos indivíduos ter uma percepção equilibrada e bem fundada do risco assim como orientar a tomada de decisão que garanta qualidade de vida para o indivíduo, para o coletivo humano e para a natureza como um todo.

Muitos países já têm incorporada a temática de risco em seus currículos de Ciências (LEVINSON *et al.*, 2012). Os objetivos formativos passam pela **percepção** individual e coletiva de situações de risco; **avaliação** dos aspectos positivos e negativos relacionados ao papel da ciência e da tecnologia a partir de fontes confiáveis de informação; **definição** de cenários futuros como desdobramentos possíveis da situação de risco; **tomada de decisão** baseada em fatos e informações de fontes confiáveis.

Dotar o currículo de situações envolvendo riscos manufaturados permite oferecer oportunidade de aprender sobre a percepção e a tomada de decisões face a incertezas. Trata-se de uma oportunidade de interpretar o movimento de globalização trazido pelas tecnologias digitais de comunicação e processamento de informação, e de avaliar de modo menos passional e ideológico suas facetas positivas e negativas, e os efeitos de curto, médio e longo alcance no espaço e no tempo.

PARTE 3

COMPONENTES CURRICULARES



ENSINAR E APRENDER BIOLOGIA NO ENSINO MÉDIO

Introdução

Como um dos componentes curriculares da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, a Biologia constitui-se como um campo do conhecimento cujo objeto de estudo é a vida e as particularidades relacionadas a esse fenômeno.

A enorme diversidade das formas vivas torna difícil definir de maneira simples e direta o que é vida. A vida é mais bem definida pelas características que os diferentes seres vivos compartilham. Assim como os objetos não vivos, os organismos são compostos de elementos químicos e obedecem às mesmas leis da Física e da Química que governam todas as coisas e fenômenos do universo. Entretanto, focalizar as características particulares da vida permite uma boa compreensão da natureza única dos seres vivos e nos ajuda a distingui-los do que não é vivo.

As características dos seres vivos e as teorias unificadoras da Biologia

Nos parágrafos seguintes estão destacadas propriedades que são características comuns a todos os seres vivos.

Seres vivos são organizados - Células, formadas de átomos e moléculas, são a unidade básica da estrutura e função dos seres vivos. Algumas células são, elas próprias, o organismo, outras formam colônias. A maioria dos seres vivos é multicelular e neles células semelhantes se combinam na formação de tecidos, e tecidos constituem os órgãos. Órgãos que trabalham em conjunto formam sistemas, e sistemas unidos constituem o organismo. Os níveis de organização biológica se estendem para além de organismos individuais, todos os membros de uma espécie que vivem no mesmo lugar pertencem a uma população, e várias populações formam uma comunidade. A comunidade de populações interage com o ambiente físico e forma um ecossistema. Por fim, todos os ecossistemas da Terra formam a biosfera.

Cada nível da organização biológica se baseia no nível anterior e é mais complexo. Ao longo da hierarquia, cada nível adquire novas propriedades emergentes, que são determinadas pela interação de suas partes individuais. Se as partes de uma planta viva forem separadas e rearranjadas, a planta perde suas funções e características, porque ela depende do arranjo exato de suas partes para ser uma planta. No mundo vivo, o todo é mais do que a soma das partes. As propriedades emergentes criadas pela interação entre os níveis da organização biológica são características novas e únicas, ainda que sejam governadas pelas leis físicas e químicas.

Seres vivos obtêm materiais e energia – Seres vivos não podem manter suas atividades sem fontes externas de materiais e energia. O alimento fornece nutrientes que são usados como blocos de construção ou para obtenção de energia, a fonte final de energia para quase todos os seres vivos da Terra é o Sol. Plantas e outros organismos são capazes de capturar a energia solar e fazer fotossíntese, um processo que transforma energia luminosa em energia química nas moléculas orgânicas. Toda a vida na Terra obtém energia metabolizando moléculas feitas pela fotossíntese.

Os seres vivos possuem mecanismos de homeostase – Para viver, é imperativo que os organismos mantenham um estado de equilíbrio interno. Para que a vida continue, umidade, temperatura, acidez e outros fatores precisam permanecer dentro de uma faixa de tolerância dos organismos. Esse balanço é garantido por sistemas que monitoram as condições internas e fazem os ajustes necessários.

Seres vivos respondem – Os seres vivos interagem com o ambiente e também com outros seres vivos. A habilidade de responder a estímulos externos frequentemente resulta em movimento, como folhas de plantas que se voltam para o Sol ou animais que correm para fugir de ameaça à segurança. Respostas apropriadas ajudam a garantir a sobrevivência de organismos e o desempenho de suas funções. No conjunto, as respostas do organismo são chamadas de comportamento.

Seres vivos se reproduzem e se desenvolvem – Seres vivos se originam apenas de outros seres vivos e qualquer forma de vida é capaz de se reproduzir ou de formar um outro organismo igual a si mesma. Na maioria dos organismos multicelulares, a reprodução começa com a união de um gameta vindo do pai e outro vindo da mãe. A união de gametas é seguida por muitas divisões celulares e resulta num embrião que cresce e se desenvolve até se tornar um adulto. Um embrião forma uma baleia ou uma macieira graças às informações genéticas que recebe de seus pais. Os genes, que contêm informações específicas sobre como o organismo será formado, são feitos de longas moléculas de DNA. Quando seres vivos se reproduzem, seus genes são passados de uma geração para outra. Combinações aleatórias de gametas femininos e masculinos, cada um dos quais contendo conjunto único de genes, leva à formação de um novo indivíduo com características novas e diferentes. O DNA dos seres vivos, ao longo do tempo, também pode sofrer mutações, que podem ser transmitidas para a geração seguinte. Esses eventos ajudam a criar a impressionante diversidade da vida.

Seres vivos se adaptam – Adaptações são modificações que tornam os seres vivos mais capazes de funcionar em um determinado ambiente. A vida na Terra é tão diversa porque, ao longo do tempo, os organismos respondem ao ambiente que está em constante mudança. A evolução inclui as formas pelas quais populações de organismos mudam ao longo de muitas gerações e se tornam mais adaptadas. Constantemente a evolução modifica as espécies de maneira que os organismos persistem, apesar das mudanças ambientais.

A percepção de que todos os organismos são constituídos por células teve uma importância muito grande como avanço conceitual na história da Biologia, pois isso fornece unificação para o estudo de todos os seres vivos. Quando estudados ao nível celular, todos os seres vivos são semelhantes entre si, mesmo que sejam extremamente diferentes em suas características físicas e formas de vida. Cada célula viva é uma unidade funcional, todas as reações químicas de um ser vivo, incluindo as de biossíntese e as de seu processo de liberação de energia ocorrem dentro das células. A formulação da Teoria Celular sistematizou ainda a ideia de que todos os seres vivos provêm de outros seres vivos e que as células contêm informações hereditárias que são passadas da célula parental para as células filhas.

Caracterizar a Biologia como uma ciência única implica entender a vida como fenômeno dependente dos programas genéticos, ou seja, das informações contidas nos genes presentes nas células dos seres vivos. Essas informações genéticas apresentam regularidades e padrões restritos ao tempo e ao espaço, pois são passíveis de sofrerem alterações ao longo do tempo (por exemplo, as mutações genéticas). Um exemplo disso está na peculiaridade dos indivíduos biológicos que reagem de maneira diferente à influência de fatores externos, mesmo aqueles pertencentes a uma mesma espécie. Um ser vivo compartilha características físicas, ambiente e boa parte de seu material genético com outros indivíduos da mesma espécie, porém, mesmo dentro de uma população (ou seja, um grupo de indivíduos de uma mesma espécie), podemos observar pequenas variações relacionadas a características anatômicas, fisiológicas, comportamentais, genéticas, entre outras, que torna impossível prever se seu comportamento em determinadas condições será o mesmo que o de outros indivíduos dessa população. É justamente essa variação dentro de uma população que representa o conceito chave para entender processos como a seleção natural e a variabilidade genética e que dá fundamento para a Teoria da Evolução.

Ao longo de sua história, a Biologia se consolidou como campo científico sustentado por inúmeros estudos e pesquisas que contribuíram para a construção de teorias que hoje explicam a origem, o desenvolvimento e a evolução da vida no planeta Terra. A Teoria Celular e a Teoria da Evolução são duas teorias generalizadas que potencializam a associação das diferentes áreas numa ciência unificada, a Biologia. Compreender a importância dessas e de outras teorias da Biologia é fundamental para compreender os diversos fenômenos naturais que nos cercam e que se relacionam com o fenômeno de ser vivo e de estar no mundo.

As características dos seres vivos e as teorias unificadoras nos ajudam a pensar na escolha de temas a serem trabalhados no Ensino Médio. Tradicionalmente, os conteúdos do componente curricular se estendem, se aprofundam e se situam de acordo com as diferentes áreas que formam a Biologia – citologia, genética, fisiologia, anatomia, evolução, ecologia etc. O desafio que aqui se coloca é eleger objetos de conhecimento representativos da Biologia, adequados à formação básica comum. Quais são os temas mais interessantes, para todos os estudantes do Ensino Médio, que permitam desenvolver uma ideia do que é a Biologia, isto é, do que ela trata, quais são seus embasamentos teóricos, suas práticas e como enfrenta os problemas no caminho da construção de conhecimento?

Quatro eixos de objetos de conhecimento e objetivos de aprendizagem e desenvolvimento são apresentados com o propósito de contemplar aspectos fundamentais da Biologia: de um lado, as características comuns a todos os seres vivos e, de outro, as teorias mais gerais que embasam todo conhecimento dessa ciência. Nesses blocos estão indicados objetivos de aprendizagem e desenvolvimento que representam conceitos centrais assim como práticas e modos de ação. Eles foram estruturados levando em consideração uma noção de educação científica que tem como principal propósito a formação de cidadãos conscientes e capazes de utilizar os saberes, conhecimentos e práticas da cultura científica para modificar o mundo e intervir na sociedade. Busca-se que os estudantes não se limitem apenas a entender os conceitos, procedimentos e experimentos, mas sim que estes entendam a própria natureza da Biologia e das suas práticas de construção do conhecimento, como forma de se inserir e estar apto a tomar decisões numa sociedade cada vez mais pautada nos avanços científicos e tecnológicos.

Dos quatro eixos conceituais destinados à formação básica, dois são indicados para a primeira série, um para a segunda série e um para a terceira série, sendo eles, respectivamente: Vida, Hereditariedade, Evolução Biológica e Ecossistemas. Esses eixos e seus respectivos objetos de conhecimento e objetivos de aprendizagem e desenvolvimento são apresentados mais detalhadamente no item **Eixos conceituais da Biologia e seus objetos do conhecimento**.

Os objetivos do ensino de Biologia

O ensino de Ciências e, particularmente, de Biologia tem importância inquestionável nos tempos atuais. A maior parte dos problemas enfrentados pelas sociedades contemporâneas tem um componente científico cujo conhecimento promove a melhor compreensão dos fatores envolvidos e das alternativas possíveis, a possibilidade de avaliação autônoma e a tomada de decisões. A formação científica é, assim, elemento que compõe a cidadania.

O ensino de Biologia tem como propósito contribuir com a construção de uma base de conhecimentos contextualizada, que prepare os estudantes para fazer julgamentos, tomar iniciativas, elaborar argumentos e apresentar proposições alternativas, bem como fazer uso criterioso de diversas tecnologias. O corpo de conhecimentos da Biologia é fundamental quando se consideram questões sociais, políticas e éticas, como as que estão envolvidas em problemas atuais, por exemplo, a preservação da biodiversidade, o desenvolvimento sustentável, o uso de biotecnologia, a gravidez e o aborto, gênero e sexualidade, identidades étnico-raciais e racismo, além de outros temas que demandam conhecimento para o posicionamento e a tomada de decisão.

No momento atual, a pandemia pôs em pauta vários problemas, alguns dos quais discutidos amplamente pela mídia e que podem engajar os estudantes em sua compreensão e solução. Pode-se investigar a velocidade de propagação do vírus SARS-CoV-2 em diferentes bairros da cidade e buscar relação entre esse dado e fatores como o tamanho e a densidade da população, a circulação e o deslocamento dos moradores, as características da atividade laboral, a oferta de serviços de saúde locais, etc. e indicar encaminhamentos específicos que possam minimizar as chances de infecção. Pode-se também aproveitar a questão para investigar as barreiras imunológicas – naturais e adquiridas – como mecanismos de defesa contra infecções. A polêmica entre usar ou não determinada medicação no tratamento da Covid 19 pode dar origem a problemas que explorem os processos de investigação da medicina, os mecanismos de validação do conhecimento científico, a interferência de interesses econômicos nesses processos, etc.

Problemas comuns na Cidade de São Paulo, como enchentes e falta de água tratada, por exemplo, podem ser o ponto de partida para investigar questões de saúde decorrentes dessas condições e motivar ações que busquem minimizar tais problemas e mitigar seus efeitos, quer sejam ações individuais, coletivas ou demandas às instituições responsáveis.

A gravidez inesperada na adolescência no Brasil é maior do que em outros países e se constitui num problema de saúde pública. Mães adolescentes, na maior parte das vezes, são privadas de direitos, como saúde, lazer, educação. Esse problema, tão próximo dos estudantes do Ensino Médio, pode gerar projetos de investigação e campanhas de divulgação que objetivem minimizar seus efeitos.

Os conteúdos de Biologia a serem desenvolvidos no Ensino Médio devem atender a preocupações alinhadas com a ideia de familiarizar os jovens com os diversos aspectos que compõem a ciência Biologia e suas práticas. Busca-se que o ensino desse componente desenvolva a interpretação e a comunicação dos mundos natural e social, valendo-se dos conceitos, teorias, modelos e explicações construídos no campo da Biologia. Busca-se também que o estudante esteja preparado para a tomada de decisão frente a situações-problema complexas, o que inclui a compreensão das relações entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente – CTSA. Um terceiro propósito é representado pela compreensão da ciência e da tecnologia como processos históricos e sociais e como determinantes da complexidade do mundo atual.

Este documento propõe que se valorizem processos investigativos próprios da Biologia, sua linguagem, representação e comunicação, a elaboração e sistematização de explicações, modelos e argumentos, as relações CTSA e a contextualização histórica, social e cultural.

A Biologia e suas relações com a Ciência, a Tecnologia, a Sociedade e o Ambiente

Questões que relacionam Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente - CTSA são um bom caminho para se explorar problemas relevantes para os estudantes, que envolvem complexidade e permitem contextualização com situações reais. Assuntos como o uso de células tronco, terapia gênica, organismos geneticamente modificados circulam pelos noticiários e explicitam as relações entre conhecimentos científicos, desenvolvimento tecnológico, fatores socioeconômicos e questões éticas. O rápido desenvolvimento científico e tecnológico demanda mudança de hábitos, de posturas éticas e de valores morais. A ciência convive com disputas, controvérsias, divergências e, assim como outras esferas, está sujeita às forças que regem a sociedade, aos interesses políticos, econômicos e sociais.

Temas curriculares consagrados nas aulas de Biologia, tais como alimentação, hereditariedade, reprodução, imunologia já não podem ser tratados sem que se fale de organismos geneticamente modificados, fome, obesidade, clonagem, teste de paternidade, células-tronco, fertilização assistida, pandemias, problemas que aproximam os conteúdos escolares de questões sociais e que conferem relevância e contexto para os temas de estudo.

A agricultura, importante atividade econômica do país, coloca em pauta problemas que relacionam ciência, tecnologia, sociedade e ambiente – a substituição de biomas naturais por campos cultivados, a utilização de inseticidas e fertilizantes, a pesquisa de agentes de controle biológico de pragas, a produção de alimentos, o emprego de tecnologias e de mão de obra, entre outros, exemplificam aspectos implicados quando se problematizam processos produtivos.

Com facilidade podem ser indicados diferentes problemas que envolvem a produção e a utilização de vacinas: recursos intelectuais e técnicos para sua elaboração, interesses da indústria farmacêutica em sua produção, aspectos éticos envolvidos nos processos de testagem e validação demandam olhar o problema sob diferentes ângulos e com a contribuição de diferentes áreas.

Outro destaque para as questões CTSA são as tecnologias de manipulação de DNA que, entre outras áreas da Biotecnologia, empregam técnicas de manipulação de seres vivos na obtenção de produtos e processos de interesse para a sociedade. A tecnologia do DNA (ácido desoxirribonucléico) recombinante possibilita a criação de organismos transgênicos empregados na produção agrícola e em outras áreas como a produção de fármacos. Tecnologia de produção de sementes modificadas, aumento da produtividade, substituição do uso de inseticidas, controle das sementes pelas empresas produtoras, perda da biodiversidade e de espécies originais são alguns dos problemas que denotam a complexidade da questão e a importância de se considerarem os múltiplos aspectos envolvidos.

Destacam-se, nesses exemplos, as possibilidades de abordagens interdisciplinares. Enfatiza-se, nas diferentes situações exemplificadas, a expectativa de que os problemas sejam tratados em sua complexidade, considerando diferentes enfoques e a contribuição de diferentes áreas do conhecimento, visando

municiar os estudantes para avaliar diferentes pontos de vista, posicionar-se diante dos problemas e tomar decisões.

Apresentar aos estudantes todas essas aplicações e os resultados, benéficos ou não, que trazem para a sociedade e para o meio ambiente torna-se fundamental para um ensino de Biologia que objetiva uma educação científica promotora da análise das implicações que os conhecimentos científicos e seus usos trazem para a humanidade.

Uma discussão frequente diz respeito aos pressupostos éticos e morais que devem ser assumidos pelas pesquisas em Biotecnologia em razão de se tratar da manipulação de seres vivos ou de suas partes constituintes, bem como biomoléculas. Alguns conhecimentos científicos construídos ao longo da história são alvos constantes de discussão, como a clonagem de seres vivos, o uso de células-tronco embrionárias, a manipulação de DNA humano, entre outros. Trazer essas discussões para a sala de aula oportuniza que os estudantes se conscientizem dos fatores éticos, sociais, políticos e econômicos que circundam e se relacionam com a ciência e seus artefatos, ferramentas e conhecimentos. A tomada de consciência sobre toda a responsabilidade socioambiental embutida na produção científica e no uso desses conhecimentos é ponto de partida para debates que fomentam o engajamento dos estudantes com processo de argumentação, de avaliação das colocações de seus pares, de legitimação de conhecimentos e, sobretudo, de desenvolvimento da autonomia e do senso de responsabilidade coletiva.

Outras temáticas atuais no âmbito CTSA que se relacionam com a Biologia residem nas noções de sustentabilidade e de conservação ambiental. É importante promover, no espaço da sala de aula, a discussão de ideias e propostas em que a conservação do ambiente e da biodiversidade sejam tão importantes quanto o desenvolvimento econômico e monetário. Dialogar sobre a relação entre a conservação ambiental e a biodiversidade é uma das formas pelas quais pode-se promover a valorização de leis de proteção ambiental, da criação e manutenção de Unidades de Conservação e Proteção Ambiental, entre outras políticas públicas voltadas à preservação dos biomas e ecossistemas.

As práticas científicas no Ensino de Biologia

Descrever, explicar e caracterizar um fenômeno tão complexo e diverso como a vida confere à Biologia algumas particularidades e especificidades. Como campo de conhecimento, a Biologia compartilha práticas que são comuns a todas as suas áreas e a outras ciências - coleta e organização de dados, elaboração e desenvolvimento de planos de trabalho e construção de explicações. Por outro lado, cada subárea da Biologia possui objetos e instrumentos distintos e requer que os estudantes se engajem em modos específicos de produzir conhecimento. A Citologia, por exemplo, é um ramo da Biologia que se dedica ao estudo da unidade funcional da vida: as células. Nesse campo, ferramentas como microscópios são extremamente importantes para o processo de construção do conhecimento. Já a Ecologia, por exemplo, se dedica ao estudo da distribuição e abundância dos seres vivos e das interações que esses estabelecem entre si e com o ambiente em que vivem. No campo da Ecologia, muitos estudos têm enfoque nos fatores que influenciam o tamanho de uma população biológica, e a análise da dinâmica das populações costuma ser feita pela amostragem do número de indivíduos com relação ao tempo. Isso demanda o emprego de métodos de contagem, amostragem e estimativa. Assim, no caso da Ecologia, ferramentas como softwares estatísticos e modelos matemáticos são essenciais para a construção do conhecimento. Com

esses exemplos, queremos ilustrar que mesmo sendo uma ciência que tem como enfoque o estudo da vida, a Biologia tem ramificações que focalizam determinados aspectos desse fenômeno e que, por suas características e especificidades, acaba por constituir ramos de estudo que têm suas próprias práticas, ferramentas e artefatos de construção do conhecimento. Apesar de suas características e especificidades, todos os ramos e subáreas da Biologia envolvem práticas científicas gerais, como o recurso a dados, a planificação de etapas de trabalho e a construção de explicações.

Os propósitos do ensino de Biologia incluem assim a aprendizagem de conceitos e modelos e o desenvolvimento de atitudes e destrezas que são próprias da cultura científica, isto é, as práticas sociais da comunidade científica. Conhecer aquilo que os biólogos fazem, como trabalham para construir novos conhecimentos, os instrumentos e equipamentos que utilizam, as práticas e procedimentos que adotam em seus trabalhos e como se comunicam e interagem, permite ao estudante se aproximar da natureza da ciência. Aprender Biologia vai além de ampliar conhecimentos sobre os fenômenos da vida, envolve também a socialização de práticas próprias da comunidade científica e suas formas particulares de pensar, ou seja, inclui partilhar as representações simbólicas da cultura científica.

Vivenciar práticas que ofereçam oportunidades de realizar observações e medidas, ponderar sobre variáveis intervenientes, obter dados, avaliar sua validade e lidar com instrumentos amplia as possibilidades de o estudante se familiarizar com as características do processo de construção do conhecimento na Biologia e construir uma compreensão sobre a natureza da ciência mais distante de estereótipos idealizados. Atividades experimentais e de análise de dados para resolução de um problema põem em curso o desenvolvimento de práticas científicas. Elaborar perguntas, pensar em formas de respondê-las, coletar e tratar dados, buscar padrões que permitam fazer generalizações, propor explicações, propor solução para as perguntas formuladas, justificar e avaliar as explicações e soluções propostas são ações que permitem aos alunos atuar no mundo com o olhar científico. Mais ainda, permitem uma aproximação com a natureza da ciência, seu caráter histórico, temporal e social.

As práticas científicas na aula podem ser realizadas a partir da proposição e resolução de problemas que, mesmo que não levem à construção de um conhecimento novo para a comunidade científica, sejam novos para os estudantes, ou seja, cuja solução não seja conhecida a priori. É importante que impliquem situações com certo grau de complexidade e contextualização na vida real. Algumas características são importantes, sua formulação precisa ser relevante para o estudante e sua forma de resolução, envolvendo análise de dados e evidências, deve seguir processos similares aos empregados pela comunidade científica. Os problemas colocam o estudante no centro do processo, conferindo-lhe autonomia e responsabilidade pela aprendizagem.

A linguagem como prática da Biologia

Quer pelos aspectos estruturais, quer pelo que diz respeito ao léxico, e mesmo quanto à forma de organizar e expressar suas afirmações, a linguagem é um importante elemento da cultura científica e parte do que se espera que seja compartilhado pelos estudantes no processo de ensino e de aprendizagem.

Uma maneira efetiva de promover o compartilhamento dessa forma específica de linguagem é oferecer espaço para que os alunos a utilizem e tenham também a oportunidade de ponderar as vantagens de seu emprego em contextos específicos. Discussões e trabalhos em grupo, nos quais os estudantes tenham

ocasião de trocar ideias e elaborar explicações coletivas, em que sejam incentivados a cooperar e respeitar as diferentes formas de pensar e a avaliar cuidadosamente as afirmações são maneiras de promover o contato com um aspecto importante da formação do estudante e de sua percepção da natureza da atividade científica – a convivência com uma comunidade, cujas teorias estão em permanente processo de avaliação.

Nas aulas de Biologia, os professores empregam formas particulares de apresentar conceitos, mostrar evidências experimentais, de formular hipóteses e de argumentar. Espera-se que os estudantes usem a linguagem para descrever, classificar, fazer hipóteses, realizar inferências, definir, explicar, interpretar, criar modelos, fazer previsões, argumentar, resolver problemas, planejar investigações, redigir informes.

A linguagem característica da Biologia se distingue da linguagem comum – essa distinção se estabelece à medida que a Biologia se desenvolve – e atende aos propósitos de registrar e ampliar seus conhecimentos. Essas diferenças tornam a linguagem científica difícil para os estudantes e chamam nossa atenção para considerar que a aprendizagem de Biologia é inseparável da aprendizagem de sua linguagem. Algumas das características que marcam as diferenças entre linguagem comum e a científica podem nos ajudar a perceber sua importância. Na linguagem comum, as narrativas relatam eventos, mantendo uma sequência linear e indicando os agentes envolvidos. Por exemplo, estudantes diriam “nós colocamos sementes na terra seca e elas não cresceram, colocamos sementes na terra molhada e essas germinaram”. Na linguagem científica, os processos são “congelados” e transformados em grupos nominais. A frase anterior ficaria “a umidade é necessária para a germinação”. Assim, enfatiza-se a importância da linguagem na aprendizagem de Biologia e seu papel distintivo no processo de introdução às práticas próprias da comunidade científica. A linguagem está fortemente ligada ao processo de formulação de novas afirmações, discussão de observações, apresentação de ideias e persuasão.

A comunicação de ideias e conceitos da Biologia está fortemente associada ao emprego de representações como fotografias, desenhos, esquemas e diagramas. Além de ser um recurso que permite a visualização e inteligibilidade das informações, as imagens têm importante papel na construção de ideias científicas e em sua conceptualização. Essas diferentes formas de representar os seres vivos e os processos, fenômenos e características relacionados a eles são parte significativa do movimento de compreensão dos conhecimentos acerca do mundo vivo. As representações na Biologia podem ser desenhos detalhistas que buscam fidelidade nas formas de registrar os seres vivos e suas características, o que resulta em imagens muito semelhantes ao que se vê nas observações da natureza. Esquemas e diagramas representam estruturas, fenômenos e relações, e incluem, além de referências ao objeto, conhecimentos já elaborados sobre ele, como nomes das partes, funções, indicação de relações com setas ou outras formas de representação. Os gráficos ilustram dados que representam fenômenos e possibilitam a modelização do objeto de estudo. Dos desenhos aos gráficos, diminui a quantidade de detalhes e aumenta o grau de abstração em relação ao fenômeno representado.

Para atribuir significado às imagens que circulam nas aulas de Biologia é preciso conhecer seu processo de produção e mesmo as práticas envolvidas na preparação dos materiais que geram tais imagens. Muitas vezes, mesmo conhecendo o material ilustrado – epiderme vegetal, por exemplo – é necessário saber o que é um corte transversal, como um corte transversal pode ser observado ao microscópio, o que a observação com esse equipamento pode e não pode revelar, ou ainda como se dimensiona o que é visto ao microscópio. Também é importante conhecer as formas canônicas de representação gráfica nas observações de materiais vivos, por exemplo, os desenhos de estômatos. Todos esses procedimentos fazem parte das práticas próprias da Biologia, e a familiaridade com elas contextualiza e confere informações

sobre sua produção, ampliando as possibilidades de construção de significados. A vivência de práticas comuns à Biologia pode promover tal familiaridade. Por exemplo, ao realizar uma pesquisa utilizando o microscópio e registrar suas observações com desenhos e esquemas, os estudantes têm a oportunidade de vivenciar práticas próprias da Biologia e utilizar representações que são comuns a essa ciência. A partir de uma prática como essa, a leitura, a interpretação e a atribuição de significados de registros dessa natureza serão feitas sob outras condições.

Para além dos desenhos que registram observações de materiais biológicos ao microscópio, muitos outros recursos são empregados para transformar os ensaios, experimentos, observações e outros modos de investigação em instrumentos de análise para o biólogo – gráficos, histogramas, fotografias, desenhos etc. Para biólogos, o gráfico que registra a curva de crescimento de uma população experimental, por exemplo, é praticamente o próprio fenômeno estudado. Uma vez obtido o gráfico, é a ele que o cientista se remete, sem necessidade de recorrer novamente a outras observações da população. Para os estudantes, pode ser mais um tipo de linguagem a ser decodificada, ou um formalismo a ser decorado, por isso é fundamental que, ao entrar em contato com um gráfico desse tipo, o estudante conheça as situações que o geraram, e assim possa interpretar as informações e relações que expressa.

A Biologia na sala de aula: o ensino e a aprendizagem de uma Ciência

É importante que os estudantes se envolvam em trabalhos coletivos, buscando resolver problemas. Dessa forma, criam-se mais oportunidades para que eles desenvolvam autonomia, iniciativa, liberdade e compromisso; incentiva-se a interlocução com companheiros e professores, ampliando sua atuação sobre a própria construção do currículo. Nessas situações, os jovens passam a atuar como produtores de conhecimento e se instrumentalizam para intervenções que podem resultar em melhoria da qualidade de vida, individual e coletiva.

Falamos da Biologia como uma ciência e da ciência como uma cultura. A ciência é construída socialmente, em comunidades que compartilham linguagens próprias, práticas sustentadas por regras, crenças e valores; tem instâncias que promovem o compartilhamento do conhecimento produzido, sua avaliação e validação. A aprendizagem de Biologia representa o engajamento dos estudantes com as práticas sociais da cultura científica.

A Biologia tem como propósito interpretar os fenômenos envolvidos com a vida. O que os biólogos normalmente fazem é propor teorias que dão significado a observações do mundo vivo. O objetivo do ensino de biologia é levar os estudantes a utilizar esse pensamento teórico, característico da ciência, para que compartilhem aspectos que são comuns à cultura científica no modo de atribuir significado aos fenômenos da vida.

Uma explicação científica implica a identificação de termos e conceitos que fazem parte de um determinado modelo teórico e implica também relacionar significativamente e de maneira particular tais termos e conceitos, entre si e com os fatos observados. Por exemplo, ao observar um fungo, um estudante vê sua cor, seu tamanho, seu formato. Ao observar o mesmo fungo, um biólogo considera as hifas, o micélio, o tipo de esporo, o metabolismo; todos esses nomes fazem referência a entidades criadas pelos cientistas e integram um modelo teórico. Essas entidades fazem sentido no âmbito da Biologia, elas não são intui-

tivas, portanto, os estudantes as aprendem na escola com a mediação dos professores. O conhecimento biológico é repleto de símbolos, representações, conceitos organizadores e entidades que não têm, necessariamente, reconhecimento fora do âmbito da Biologia. Aprender essa ciência implica ser iniciado nessa cultura e em todas suas formas de construção.

Cada ciência elabora um grande número de conceitos e termos para descrever e interpretar os fenômenos que estuda. A expectativa é que, na escola, além de continuar falando sobre o que já viam nos fungos – cor, tamanho, formato, por exemplo –, os estudantes se apropriem também daquilo que é próprio da forma de ver da Biologia – hifas, micélio, esporos, metabolismo – e compreendam os fungos como uma das formas vivas que ocupam nosso planeta, que participam dos processos biogeoquímicos como a decomposição, que desempenham papel fundamental nas cadeias e teias alimentares e que necessitam de condições específicas para crescer e se reproduzir.

Ver esses outros aspectos e usá-los para explicar e interpretar os seres vivos requer que os estudantes sejam capazes de olhar organismos e fenômenos a partir de um ponto de vista teórico, o que representa uma nova forma de ver essas entidades do mundo natural. Requer também a utilização de palavras e expressões próprias do modo de falar da Biologia. O uso dessa linguagem, desse modo de falar, vai além do conhecimento de vocabulário específico, exige o estabelecimento de relações entre os vários elementos envolvidos. As construções teóricas, acompanhadas de suas representações simbólicas, devem ser negociadas com os alunos, o que confere papel especial à atuação do professor. As explicações em Biologia revelam não apenas o emprego de termos e conceitos adequados, mas também a aplicação de estratégias de pensamento, por exemplo, categorização, formalização, interpretação e modelização.

É comum que se veja a ciência como uma coleção de fatos sobre o mundo, sem problemas ou controvérsias, uma leitura direta do mundo natural, como se as teorias e explicações já estivessem definidas nos objetos e fenômenos observados, cabendo aos cientistas apenas enunciá-las. Chamamos a atenção aqui para uma outra perspectiva, que vê a ciência como um esforço de interpretação da natureza, para a qual concorrem fatos objetivos, e as visões pessoais dos cientistas, suas teorias e expectativas. Isso nos leva a considerar que, na escola, é pouco provável que os estudantes sejam introduzidos às ideias que foram validadas pela ciência ou construam os conteúdos científicos sem o apoio do professor, que precisa agir como um mediador e, assim, permitir o acesso dos estudantes às ideias e explicações científicas. Dirigir questionamentos, orientar atividades, fazer perguntas, considerar as contribuições dos estudantes, debater, usar evidências para sustentar um raciocínio, apresentar novos modelos e conhecimentos são ações do professor que podem mediar os processos de construção de conhecimentos.

Uma aproximação maior com o trabalho dos cientistas mostra como a produção do conhecimento científico é marcada por instâncias sociais em que há tanto negociação e disputa quanto práticas entre pares, como por exemplo comparação de alternativas, avaliação de evidências, interpretação de texto e validação das afirmações ilustram características da construção social do conhecimento. A aprendizagem de Biologia pode ser comparada à iniciação de aspirantes a uma nova cultura, e tem como propósito que o aprendiz se aproprie das condições que lhe permitirão agir sobre o mundo, compreendê-lo e transformá-lo. A atuação do professor faz a mediação que permitirá o acesso dos estudantes aos modelos e convenções pertencentes ao mundo simbólico, que não emergem naturalmente das situações de experimentação e observação.

Em diferentes instâncias da produção de conhecimentos – reuniões científicas, congressos, artigos etc. –, os cientistas apresentam suas conclusões ou explicações apoiando-se em teorias e apresentando suas

evidências. Nessas situações, as novas afirmações são questionadas, comparadas com outras e avaliadas pelos pares que pertencem à mesma comunidade de pesquisa. O raciocínio científico se aproxima, desse modo, da tomada de decisão, da escolha entre afirmações ou explicações concorrentes, o que reforça seu caráter social e interpretativo. Essa é uma característica da atividade científica que deve se refletir na aprendizagem de Biologia.

Eixos conceituais da Biologia e seus objetos do conhecimento

Nesta seção, serão apresentados quatro eixos conceituais que organizam os objetos de conhecimento e objetivos de aprendizagem e desenvolvimento para o componente curricular Biologia.

Características da vida

O eixo conceitual **Características da vida** engloba três objetos do conhecimento: vida e complexidade, o uso de materiais e de energia pelos seres vivos e funções e propriedades dos seres vivos. Nesse eixo, estão representadas algumas das características próprias dos seres vivos e elementos da Teoria Celular. Espera-se que os estudantes se apropriem da ideia de complexidade que envolve a vida e de como ela se expressa na organização dos seres vivos. Outro propósito é exemplificar como um fundamento teórico se manifesta na proposição de conhecimentos científicos, como é o caso, por exemplo, do conceito de propriedades emergentes, que direciona a forma de olhar os seres vivos e compreender seus níveis de organização. Ainda nesse eixo, destaca-se a importância do microscópio no desenvolvimento de uma teoria que confere unidade a várias áreas de investigação e sistematiza aspectos fundamentais para o conhecimento dos seres vivos. Aponta-se a importância do desenvolvimento de investigações que se apoiem em inscrições obtidas a partir de observação ao microscópio. Indica-se a proposição de problemas relacionados à organização dos seres vivos que possam ser enfrentados a partir de dados obtidos com microscopia, privilegiam-se atividades que os estudantes desenvolvam utilizando o instrumento, fazendo suas próprias preparações, observações e seus registros. Alternativamente, podem-se utilizar registros como fotos e vídeos, ou outros materiais para análise.

Com relação ao objeto de conhecimento “O uso de materiais e de energia pelos organismos”, destaca-se a demanda de fontes externas de materiais e energia como uma das propriedades dos seres vivos, responsável pela manutenção de sua organização e complexidade. O reconhecimento dessas necessidades pode subsidiar a análise de ciclos de materiais, como carbono, oxigênio, nitrogênio, e permitir que os estudantes interpretem os fenômenos envolvidos considerando o aporte e a utilização desses materiais pelos seres vivos. O fluxo de energia se apresenta como resultante dos processos de fotossíntese e respiração e das relações que se estabelecem entre os seres vivos (produtores e consumidores). Atente-se para o papel das representações na forma de esquemas e diagramas na construção dos conceitos de ciclo de materiais e fluxo de energia. Uma possibilidade interessante é propor que, a partir desses conceitos de ciclo de materiais, os estudantes investiguem em diferentes fontes a utilização de fertilizantes em plantações intensivas. Produtividade, economia de insumos, possibilidades de contaminação ambiental e procedimentos alternativos são aspectos que podem dimensionar a complexidade do problema.

Ainda no eixo **Características da vida**, um terceiro objeto de conhecimento – “Funções e propriedades dos seres vivos”, amplia o repertório de análise do mundo vivo a partir do conceito de homeostase. Compreender os seres vivos como organismos que se ajustam a alterações do meio externo permite, por um lado, avaliar a complexidade dos sistemas vivos e, por outro, dimensionar os riscos que condições extremas podem impor à manutenção da vida. Isso proporciona elementos para avaliar e prever efeitos de alterações ambientais provocadas por interferência humana ou eventos naturais.

As mesmas noções de homeostase, faixa de tolerância e limites extremos são empregadas para analisar ações que podem interferir na qualidade de vida e na promoção da saúde da população humana. Investigações desenvolvidas pelos estudantes podem fornecer informações sobre fornecimento de água e coleta de esgoto e resíduos sólidos, e relacionar com índices de saúde (mortalidade infantil, por exemplo) em diferentes regiões, selecionando fontes confiáveis como instituições governamentais e órgãos internacionais.

Hereditariedade

No segundo eixo, o conceito central é a Hereditariedade e o objeto de conhecimento único é a herança de caracteres. Aqui também se expressa uma das características próprias dos seres vivos e elementos da Teoria Celular: a capacidade de formar novos organismos à sua semelhança. Trata-se de considerar a variabilidade fenotípica das populações e interpretá-la com base na transmissão de informação genética e nos processos de expressão dessa informação. O princípio da transmissão de informação está vinculado ao processo de reprodução dos organismos e seu entendimento se relaciona ao que acontece com os cromossomos nos processos de divisão celular. Mais do que uma combinação aleatória de símbolos que representam genes, é importante que os alunos interpretem a segregação de alelos como um fenômeno relacionado aos cromossomos. Por isso é importante relacionar esse tópico ao estudo da meiose, dando destaque para os eventos de duplicação, pareamento e separação dos cromossomos. Usando símbolos para representar cromossomos e genes, os estudantes podem associar a segregação de alelos na formação de gametas ao comportamento dos cromossomos na meiose.

Os trabalhos de Mendel produziram os dados experimentais a partir dos quais se estabeleceram as ideias de herança de caracteres, eles são ilustrativos da associação de genes e cromossomos. Ressalta-se a importância de retomá-los de maneira contextualizada, recuperando condicionantes sociais e intelectuais, e situá-los no percurso das ideias que estão sendo compartilhadas para a construção das explicações sobre hereditariedade.

Compreender a herança de caracteres, atualmente, implica associar os genes à molécula de DNA e empregar as ideias de transcrição e tradução para explicar a relação entre gene e proteína, e justificar a expressão fenotípica da informação genética.

O comportamento dos cromossomos na meiose fornece base para compreender também a determinação cromossômica do sexo e alterações cromossômicas relacionadas a síndromes. O emprego de esquemas e modelos concretos que representam esses eventos é fundamental para a construção e compartilhamento das explicações.

As mutações gênicas são a principal causa da variabilidade de alelos, o que é a fonte da diversidade de fenótipos e das possibilidades de adaptação. São também a causa de características deletérias, razão

por que é importante avaliar os riscos de exposição a agentes mutagênicos. Os estudantes podem se encarregar de levantar condições ambientais que representam riscos potenciais.

A elaboração de heredogramas é um recurso que geneticistas usam para identificar mecanismos de herança e representar a distribuição de características em famílias. A construção do esquema reúne dados e, simultaneamente, investiga e interpreta mecanismos de herança. Na escola, seu emprego tem importância não apenas para a explicação dos conceitos envolvidos, mas também para a apropriação de modos como a Biologia produz e comunica conhecimentos. Prática interessante pode derivar do uso de heredogramas familiares com a anexação de fotos e montagem de painéis que ilustrem os diferentes contextos migratórios que dão origem à população paulistana, resgatando histórias de ancestralidade.

O tema hereditariedade tem vários vínculos com aspectos de interesse e relevância social, como doenças genéticas, técnicas de manipulação de DNA, terapias gênicas etc. A proposição de problemas que os estudantes possam investigar e debater possibilitará a contextualização dos temas trabalhados e o estabelecimento de relações entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente – CTSA.

Evolução Biológica

O eixo conceitual Evolução Biológica abrange os objetos do conhecimento: diversidade e ancestralidade comum, seleção natural e diversidade, e diversidade e seres humanos. O foco central desse eixo é compreender a seleção natural como mecanismo promotor de transformações nas populações.

O primeiro objeto de conhecimento trata da diversidade dos seres vivos e dos esforços de organizar a vida, a partir da ideia de relações evolutivas. Os cladogramas, recurso para representar tais relações, expressam uma forma de pensar e de explicar as transformações dos seres vivos ao longo do tempo. O exercício de interpretação e construção de cladogramas resulta na aplicação de sinais representando novidades evolutivas e indicando o agrupamento e a separação de grupos de organismos em função de tais características.

A biodiversidade se explica pelas alterações de características de populações, que respondem a pressões seletivas e aumentam a adaptação. Enfatiza-se o caráter populacional desse processo, base para a compreensão da seleção natural e dos processos evolutivos.

As ideias evolucionistas marcaram uma grande mudança no pensamento biológico, uma proposta interessante é investigar como elas surgiram, em que evidências estavam baseadas, que resistências enfrentaram e como se alteraram ao longo do tempo. Dados registrados de estudos de casos (tentilhões de Galápagos, resistência de insetos a inseticidas etc.) fornecem elementos para que sejam avaliadas as evidências e que tornem possível construir explicações, baseados na ideia de seleção natural.

Em diversidade e seres humanos, abre-se espaço para estudos sobre evolução humana e, principalmente, para o questionamento do conceito de raça. A investigação de episódios históricos e situações em que conhecimentos científicos são evocados como justificativa para discriminação e segregação servem de palco para a reflexão de questões éticas e da estreita relação entre ciência e sociedade.

Ecossistemas

Nesse eixo, estão reunidos os seguintes objetos de conhecimento: “relações interdependentes nos ecossistemas”, “ciclos de matéria e fluxo de energia nos ecossistemas” e “dinâmica, funcionamento e resiliência dos ecossistemas”. O foco de estudo desse eixo recai sobre as relações que os seres vivos estabelecem entre si e com o ambiente em que vivem, de forma que os estudantes compreendam como essas relações influenciam nas populações de seres vivos, na manutenção da vida e nos ciclos de materiais e energia que ocorrem nos ecossistemas. Destaca-se a importância da compreensão de como os fatores bióticos e abióticos do mundo natural se relacionam e como alterações nessas relações podem afetar o ambiente e as populações biológicas. Temas como a sustentabilidade e bom uso dos recursos naturais são abordados dentro desse eixo; essa temática pode ser trabalhada por meio de situações-problema que focalizem questões atuais, como os danos ambientais causados por ações antrópicas, o agravamento da poluição e da produção de rejeitos em atividades domésticas e industriais. A discussão de problemas possibilita a análise crítica dos impactos ambientais que temos vivenciado devido à forma de vida de nossa sociedade atual, bem como pode ser uma via para a proposição de práticas e modos de vida mais sustentáveis.

Discutem-se processos produtivos que priorizem a sustentabilidade, o que põe foco em questões atuais, como desmatamento, uso de fertilizantes, uso racional de água, consumo de produtos locais, agricultura de subsistência etc.

O quadro a seguir indica os eixos conceituais correspondentes a cada ano e os objetos de conhecimento discriminados para a base comum.

Eixos conceituais e objetos de conhecimento para a base comum dos três anos do Ensino Médio

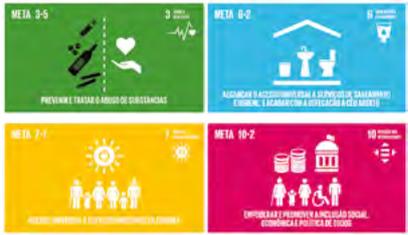
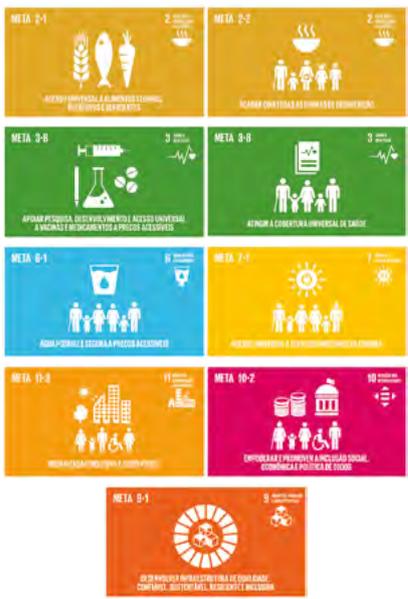
SÉRIE	EIXO CONCEITUAL	OBJETOS DE CONHECIMENTO
1ª	Características da vida	Vida e complexidade
		O uso de materiais e de energia pelos seres vivos
		Funções e propriedades dos seres vivos
	Hereditariedade	Herança de caracteres
2ª	Evolução biológica	Diversidade e ancestralidade comum
		Seleção natural e diversidade
		Diversidade e seres humanos
3ª	Ecosistemas	Relações interdependentes nos ecossistemas
		Ciclos de matéria e fluxo de energia nos ecossistemas
		Dinâmica, funcionamento e resiliência dos ecossistemas

Nos quadros seguintes estão indicados, para cada eixo conceitual, os objetos de conhecimento, objetivos de aprendizagem e desenvolvimento e objetivos de desenvolvimento sustentável – ODS.

Objetos de Conhecimento e Objetivos de Aprendizagem e Desenvolvimento

1ª SÉRIE		
EIXO 1 - CARACTERÍSTICAS DA VIDA		
Objeto de Conhecimento	Objetivos de Aprendizagem e Desenvolvimento	Metas referentes aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS)
Vida e complexidade	(EM01B01) Interpretar diferentes formas de manifestação da vida, considerando sua complexidade - atribuída ao programa genético individualizado - e diferenciando-as de objetos não vivos.	 
	(EM01B02) Reconhecer os níveis de organização dos seres vivos, interpretando-os à luz do conceito de propriedades emergentes e representando-os esquematicamente;	 
	(EM01B03) Interpretar a diversidade dos organismos considerando as células como unidade funcional, assim como sua capacidade de reprodução para avaliar as semelhanças que unificam os seres vivos.	 
	(EM01B04) Utilizar o conhecimento sobre seres vivos para avaliar potenciais prejuízos à vida causados por determinadas condições ambientais e materiais, posicionando-se criticamente e propondo condutas adequadas.	  
	(EM01B05) Investigar questões de interesse e relevância social relativas às condições de sobrevivência de seres vivos que vivem em ambientes ameaçados, empregando conhecimentos sobre as características próprias de todos os seres vivos e reportá-las na forma de divulgação científica.	      
	(EM01B06) Desenvolver investigações que envolvam a organização celular dos seres vivos, empregando a observação de material biológico ao microscópio e realizando registros com desenhos e diagramas.	

	(EM01B07) Construir modelo tridimensional para representar uma célula, considerando os conhecimentos sobre sua estrutura e constituição, e identificando nome e função dos elementos representados.	
	(EM01B08) Analisar historicamente a produção científica e tecnológica, o entorno social e intelectual relacionados ao desenvolvimento dos microscópios óticos e relacioná-lo à formulação da Teoria Celular.	
O uso de materiais e de energia pelos seres vivos	(EM01B09) Planejar e desenvolver investigação experimental sobre a entrada e a saída de materiais em tecidos vivos, considerando o papel da membrana celular, e comunicar seus procedimentos e resultados em informe escrito.	
	(EM01B10) Utilizar conhecimentos sobre as demandas dos seres vivos quanto a materiais e energia para equacionar problemas envolvidos na manutenção da vida, saúde e bem-estar dos seres humanos.	
	(EM01B11) Analisar sistemas vivos a partir do conceito de fluxo de energia, reconhecendo a fotossíntese e a respiração como os processos envolvidos nas transformações da energia.	
	(EM01B12) Planejar e desenvolver investigação experimental para verificar a necessidade da luz para o crescimento vegetal e comunicar seus procedimentos e resultados em informe escrito.	
	(EM01B13) Analisar ciclos de materiais a partir de sua utilização pelos seres vivos e interpretar efeitos da interferência humana sobre esses ciclos para promover ações individuais e coletivas que minimizem consequências nocivas à vida.	
	(EM01B14) Investigar questões de interesse e relevância social e ambiental relativas à contaminação do solo e de rios, devida à aplicação incorreta de fertilizantes em plantações, e reportá-las na forma de divulgação científica.	

	<p>(EM01B15) Reconhecer e interpretar as várias funções dos seres vivos tendo como base o conceito de homeostase e discutir limites extremos que podem comprometer a continuidade de sistemas vivos.</p>	
<p>Funções e propriedades dos seres vivos</p>	<p>(EM01B16) Investigar o efeito de políticas públicas (segurança alimentar, distribuição de energia elétrica, saneamento, cobertura vacinal, atendimento à saúde etc.) na promoção da qualidade de vida e da saúde da população e comunicar seus resultados na forma de divulgação científica.</p>	

1ª SÉRIE

EIXO 2 – HEREDITARIEDADE

Objeto de Conhecimento	Objetivos de Aprendizagem e Desenvolvimento	Metas referentes aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS)
Herança de caracteres	(EM01B17) Interpretar a variabilidade fenotípica a partir das ideias de transmissão e expressão de informação genética, estendendo a noção de hereditariedade para o conjunto dos seres vivos.	
	(EM01B18) Reconhecer o comportamento dos cromossomos na divisão celular e empregá-lo para explicar mecanismos de herança, usando convenções simbólicas para indicar composição cromossômica e genotípica.	
	(EM01B19) Analisar historicamente a produção científica, o entorno social e intelectual relativos ao desenvolvimento das explicações sobre herança de caracteres, e aplicar o conceito na representação de cruzamentos de tipos parentais e no cálculo de proporções dos tipos esperados na prole.	
	(EM01B20) Explicar características fenotípicas a partir dos mecanismos de herança e do papel do DNA na expressão gênica, sistematizando a relação entre gene e proteína.	
	(EM01B21) Empregar conhecimentos sobre divisão celular para explicar a determinação cromossômica do sexo e alterações cromossômicas relacionadas a síndromes humanas, reconhecendo que outros fatores influenciam a expressão de fenótipos.	
	(EM01B22) Identificar causas genéticas e ambientais de mutações e explicar seus efeitos a partir dos processos de transcrição e tradução, avaliando riscos de exposição a agentes mutagênicos.	
	(EM01B23) Usar conceitos de probabilidade para explicar a variação genética em uma população e resolver problemas envolvendo frequência gênica.	
	(EM01B24) Empregar modelos, esquemas e diagramas para representar conceitos e explicações.	
	(EM01B25) Utilizar a elaboração de heredogramas para representar a distribuição familiar de características hereditárias e determinar genótipos dos indivíduos representados, assim como calcular probabilidades fenotípicas e genotípicas para futuros descendentes.	

	<p>(EM01B26) Investigar questões de interesse e relevância social relativas a doenças genéticas humanas, em diferentes fontes de informação e reportá-las na forma de divulgação científica.</p>	 <p>MEVA 4-1</p> <p>EDUCAÇÃO PRIMÁRIA, SECUNDÁRIA E SUPERIOR DE QUALIDADE</p>  <p>MEVA 3-4</p> <p>REDUZIR A INIGUALDADE, POR FUNDOS NAS TRANSCORRÊNCIAS E PROMOVER A SAÚDE MENTAL</p>
<p>Herança de caracteres</p>	<p>(EM01B27) Analisar e debater situações controversas sobre o emprego de tecnologias do DNA e tratamento com células-tronco, com base em argumentos consistentes, éticos e responsáveis, distinguindo diferentes pontos de vista.</p>	 <p>MEVA 4-1</p> <p>EDUCAÇÃO PRIMÁRIA, SECUNDÁRIA E SUPERIOR DE QUALIDADE</p>  <p>MEVA 12-8</p> <p>INCENTIVAR AS EMPRESAS A ADOPTAR PRÁTICAS DE INVESTIGAR E INNOVAR RELACIONADAS COM O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL</p>  <p>MEVA 12-8</p> <p>PROMOVER A CONSCIENTIZAÇÃO INDIVIDUAL SOBRE O CUSTO DE SEUS PRODUTOS E SERVIÇOS</p>

2ª SÉRIE

EIXO 3 - EVOLUÇÃO BIOLÓGICA

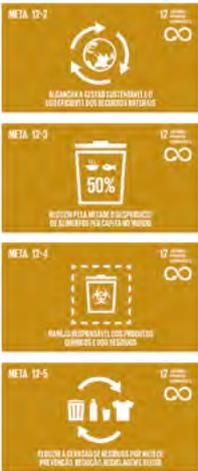
Objeto de Conhecimento	Objetivos de Aprendizagem e Desenvolvimento	Metas referentes aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS)
Diversidade e ancestralidade comum	(EM02B01) Analisar e utilizar sistemas de classificação biológica elaborados com base em diferentes critérios, avaliando sua transformação ao longo do tempo, e relacionar essa transformação à disponibilidade de recursos tecnológicos e novos conhecimentos.	
	(EM02B02) Utilizar os conceitos de ancestralidade comum e filogenia para elaborar esquemas representando relações evolutivas.	
	(EM02B03) Interpretar e elaborar cladogramas, tendo como base as relações evolutivas entre grupos de organismos e indicando as características que marcam as ramificações do esquema (novidades evolutivas).	
Seleção natural e diversidade	(EM03B04) Utilizar os conhecimentos sobre seleção natural para explicar a diversidade dos seres vivos, considerando a dimensão populacional da ideia de adaptação.	
	(EM04B05) Utilizar noções de probabilidade para explicar tendências em populações, como aquelas relacionadas a características hereditárias vantajosas em ambientes específicos.	
	(EM02B06) Analisar historicamente a produção científica, o entorno social e intelectual relativos aos principais fatos e controvérsias do desenvolvimento das ideias evolucionistas.	
	(EM02B07) Elaborar explicações para o processo de seleção natural e adaptação das espécies, considerando concepções darwinistas e relacionando evidências que apoiam tais explicações.	
	(EM02B08) Conduzir investigações sobre casos e narrativas históricas de processos evolutivos, analisando evidências e construindo explicações a partir do conhecimento de seleção natural, e relatá-las na forma de divulgação científica.	
Diversidade e seres humanos	(EM02B09) Investigar e discutir questões relativas ao uso indevido de conhecimentos científicos na justificativa de processos de discriminação, segregação e privação de direitos individuais e coletivos e reportá-las na forma de divulgação científica.	  

3ª SÉRIE

EIXO 4 – ECOSISTEMAS

Objeto de Conhecimento	Objetivos de Aprendizagem e Desenvolvimento	Metas referentes aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS)
Relações interdependentes nos ecossistemas	(EMO3B01) Descrever um ecossistema, a partir dos conceitos de nicho ecológico, habitat, componentes bióticos e abióticos.	 <p>Metas 14-2 e 15-1</p>
	(EMO3B02) Interpretar relações entre seres vivos tendo como base as interações ecológicas (predação, competição, mutualismo etc.) e justificar sua importância para o equilíbrio das comunidades.	 <p>Metas 14-2 e 15-1</p>
	(EMO3B03) Representar na forma de uma cadeia alimentar as relações entre organismos de seu entorno, considerando a participação de produtores, consumidores e decompositores, e prever os eventos decorrentes da suposta supressão de um dos elos da cadeia.	 <p>Meta 14-2</p>
	(EMO3B04) Analisar as relações entre seres vivos que envolvem materiais e energia para realizar previsões e propor processos produtivos que priorizem a sustentabilidade dos ecossistemas.	 <p>Metas 7-1 e 11-6</p>
	(EMO3B05) Utilizar os conceitos de cadeia e teia alimentar para construir esquemas representativos dessas relações, tendo como fundamento a ideia de ciclo de materiais e de fluxo de energia.	

	<p>(EM03B06) Analisar o funcionamento de um ecossistema tendo como parâmetro os ciclos biogeoquímicos e prever efeitos de intervenções nesse sistema.</p>	   
<p>Ciclos de matéria e fluxo de energia nos ecossistemas</p>	<p>(EM03B07) Analisar ações humanas, por exemplo o uso de combustíveis fósseis, para fazer estimativas de possíveis danos ambientais e discutir alternativas capazes de minimizá-los.</p>	  
	<p>(EM03B08) Investigar questões de interesse e relevância social relativas a catástrofes naturais ou ações antrópicas que põem em risco a sobrevivência dos organismos, em diferentes fontes de informação, e reportá-las na forma de divulgação científica.</p>	  

<p>Dinâmica, funcionamento e resiliência dos ecossistemas</p>	<p>(EM03B09) Interpretar exemplos de situações de desequilíbrio ambiental (desflorestamento, superpopulação, eutrofização etc.) aplicando conceitos de capacidade suporte do ambiente, ciclo de matéria, fluxo de energia, entre outros, e indicar possíveis medidas de recuperação.</p>	 <p>SDG 12: Responsible Consumption and Production icons: 12-2 (Circular economy), 12-3 (Waste reduction), 12-4 (Sustainable consumption), 12-5 (Waste management).</p>  <p>SDG 13: Climate Action icon: 13-3 (Climate resilience).</p>  <p>SDG 14: Life Below Water icon: 14-1 (Marine pollution).</p>  <p>SDG 15: Life on Land icon: 15-1 (Ecosystem restoration).</p>
	<p>(EM03B10) Utilizar conhecimentos sobre a dinâmica de populações para avaliar processos produtivos e propor formas de promover a sustentabilidade.</p>	 <p>SDG 11: Sustainable Cities and Communities icon: 11-9 (Sustainable consumption).</p>  <p>SDG 12: Responsible Consumption and Production icon: 12-2 (Circular economy).</p>  <p>SDG 13: Climate Action icon: 13-1 (Climate resilience).</p>
	<p>(EM03B11) Analisar historicamente a produção científica, o entorno social e intelectual relativos à proposição do termo “ecologia” para designar o estudo das relações entre todos os seres vivos e destes com o ambiente físico.</p>	 <p>SDG 14: Life Below Water icon: 14-2 (Marine resources).</p>  <p>SDG 15: Life on Land icon: 15-1 (Ecosystem restoration).</p>

ENSINAR E APRENDER FÍSICA NO ENSINO MÉDIO

Introdução

A Física no Ensino Médio tem como função formativa permitir aos jovens entender a dinâmica de produção de conhecimento científico e também de explicitar sua mútua integração com a tecnologia que tem servido de base ao desenvolvimento socioeconômico. Não resta dúvida que, sem conhecimento científico, a cidadania torna-se uma ilusão. Neste sentido, é objetivo da escola dotar os futuros cidadãos da melhor formação para viver e trabalhar num mundo em transformação, e isso exigirá, certamente, uma formação pelo e para o conhecimento. Entender como o conhecimento físico se diferencia de outras formas de conhecer e como este conhecimento se tornou a base da sociedade moderna habilitará os estudantes a exercerem a cidadania de modo ativo e responsável.

Como área de produção de conhecimento sobre a natureza, a Física está na origem da ciência moderna por ter desenvolvido o que viria a ser a base do conhecimento experimental: o “método científico”. Mesmo se não mais se concebe a existência de apenas **um** método, mas métodos característicos dos diversos ramos das ciências, a Física, por meio dos trabalhos de Galileu, Newton e tantos outros cientistas renascentistas, inaugurou um modo de inquirir a natureza baseado na proposição de problemas passíveis de serem formulados de modo hipotético e na busca de respostas por meio de experimentos cuidadosamente planejados, cujos resultados podem validar ou negar, mesmo que provisoriamente, as hipóteses assumidas. Outro aspecto importante foi a incorporação da linguagem matemática em sua estrutura argumentativa, que permitiu o estabelecimento de previsões, extrapolações, interpolações e o estabelecimento de limites de validade do que se afirma ser verdadeiro. Pode parecer óbvio que as ciências naturais incorporem tanto a experimentação como a matemática em sua base epistemológica, mas quando confrontada com outras formas de produzir conhecimento sobre a natureza, como a filosofia natural, a antiga cosmologia, a alquimia dentre outras tradições intelectuais, vê-se o ineditismo do seu projeto de conhecimento.

Cultura científica

Assim, afirmamos que no século XVII aparece a ciência como uma forma coletiva de produzir conhecimento sobre a natureza, uma empreitada definidora dos contornos da Sociedade industrial nascente, que se tornará explícita no projeto iluminista francês e que inaugura a era Moderna. A ciência, e em particular a Física como sua disciplina fundadora, se constitui em instrumento fundamental para entender a sociedade, seus contornos, projeto de desenvolvimento, seus impasses e também os desafios atuais que exigem mudanças e reposicionamentos. Deve-se, então, ser capaz de entender a maneira pela qual a física se aproxima e se diferencia de outras formas de conhecer o mundo. Ou seja, como parte da cultura humana.

Entendemos a cultura humana como um conjunto de várias estruturas que influenciam e moldam as formas de pensar, motivos, intenções e ações das pessoas, ao mesmo tempo em que são reproduzidas e também moldadas pelas ações humanas (SEWELL JUNIOR, 2005). Isso coloca a ciência dentro das práticas culturais mais gerais que servem para caracterizar as formas estabilizadas de organização social. Embora a cultura científica estabeleça padrões na forma de inquirir o mundo, como em todas as culturas, os cientistas são capazes de improvisar ou inovar, de forma a modificar ou reconfigurar essas estruturas. A Física evolui e se modifica como resultado de sua própria dinâmica interna. Isso implica que aprender ciências não se resume em adotar padrões rígidos, como se tratasse de adquirir fórmulas de sucesso, mas de acompanhar o fluxo da ação que permite a incorporação do novo, do inesperado, do que nunca havia sido feito. É este o aspecto que faz das ciências em geral, e da Física em particular, uma área afeita à formação educacional básica. Pois o valor do conhecimento da ciência está em sua versatilidade tanto na proposição de novos problemas como na construção de meios de obter novas respostas. Brevemente, deixará de ser mais que um monumento a ser admirado, tornando-se uma prática de pensamento e ação a ser constantemente exercitada em diferentes contextos.

Como toda a cultura, a Física é um campo de disputas e que possui uma lógica aberta, ou melhor, com diferentes lógicas que operam em seu interior. Isto implica que as fronteiras entre a cultura da Física com outras áreas de conhecimento são fracas. A porosidade das fronteiras entre culturas aparece claramente na relação que a Física mantém com a Tecnologia. A invenção das máquinas térmicas no fim do século XVIII exemplifica uma superposição entre as práticas científicas e as práticas econômicas, criando uma zona nebulosa entre ambas. Seria o motor a combustão interna uma invenção dos engenheiros posteriormente decifrada pelos cientistas ou uma aplicação da então nascente teoria do calor? Claramente não há resposta para esta pergunta por se tratar de uma prática que ocorre na interface entre duas culturas que acabam por se desenvolver simbioticamente.

Outro modo de entender a Física como cultura aparece na superposição que seu domínio de significação mantém com outros campos culturais. Alguns conceitos como “energia” pertencem simultaneamente ao mundo da Física e ao mundo da economia, da política, do misticismo, entre outros. Desta forma, existe apenas uma “coerência fina” que permite a energia ser definida de modo preciso e consensual no interior da Física e, ao mesmo tempo, ter um uso mais informal e, portanto, menos consensual em outros domínios.

Como prática cultural, a Física se caracteriza por esquemas de ação e recursos que lhe são próprios. Os esquemas englobam todo tipo de ação que visa resolver problemas de natureza prática ou teórica. Por exemplo, as estratégias de solução de problemas típicos (ou prototípicos) são esquemas próprios de um físico teórico. Assim como o uso de abordagens estatísticas são esquemas próprios de um físico experimental lidando com muitos dados. De certo modo, esquemas se vinculam à dimensão cognitiva, mas também aos valores e às metas a serem atingidos, por exemplo, a busca pelo aperfeiçoamento e pela ampliação do conhecimento. Já os recursos se definem pelo empoderamento dos atores numa dada comunidade. Podem ser considerados recursos **não materiais** as teorias, as leis, os princípios, os conceitos, a linguagem matemática e computacional etc., bem como **materiais** os artigos, os livros, os equipamentos de medida, as instalações físicas, os computadores ou os financiamentos que tornam as pesquisas possíveis. Além desses, também podem ser considerados como recursos os alunos de pós-graduação e iniciação científica, técnicos de laboratório, gestores científicos, entre outros.

Nesse sentido, a ideia de estrutura cultural pode ser utilizada para o entendimento das diferentes arenas ou esferas das práticas sociais, que possuem várias formas de interligação e sobreposição, interpene-

trando-se no espaço e no tempo, com todas as conseqüentes instabilidades, contradições, lacunas e fissuras. Isso nos leva a pensar que a aprendizagem da ciência se dá com os estudantes imersos em várias estruturas, recebendo influências diversas além daquela que vem da cultura científica aprendida nas instituições de ensino. Assim, aprender ciências na escola básica envolve também aprender a estabelecer contraposições e limites de validade entre os diversos esquemas e recursos das outras estruturas culturais. Embora seja impossível, e mesmo indesejável, estabelecer fronteiras rígidas entre as diversas culturas que o estudante participa, tomar consciência e ser capaz de estabelecer conexões e contraposições entre elas pode melhorar a forma de se relacionar com essas diversas estruturas culturais, bem como contribuir para que elas sejam entendidas em seus próprios termos.

O conjunto das diferentes práticas de ensino de Física também pode ser considerado como campo de cultura. Dessa forma, a “cultura didática da Física” estaria relacionada a esquemas e recursos pertencentes às formas habituais de atuação dos professores. Os professores produzem cultura reproduzindo padrões do sistema ao qual pertencem ao mesmo tempo em que os transformam. Isto porque os esquemas e os recursos podem ser apropriados de diferentes formas e, além disso, sempre há a possibilidade de que esquemas e recursos de outras culturas interfiram na cultura didática corrente ou essa nas demais. Dessa forma, admitimos que novos esquemas e recursos podem alterar os padrões de uma cultura didática em voga quando, por exemplo, ela precisa ser modificada para abarcar novos conteúdos – que são um tipo de recurso – ou novas estratégias metodológicas – que são um tipo de esquema –, ou ainda quando ambos se modificam para atender a um novo projeto formativo. O presente documento se inclui neste último aspecto, ao indicar esquemas e recursos que necessitam de ressignificação para abarcar a nova educação pretendida.

Nesse sentido, é importante ter em mente que os professores de Física deverão desenvolver novos recursos e esquemas de ação em suas práticas didáticas. Esta afirmação considera que, pelo fato de existir em qualquer campo da vida social uma multiplicidade de sistemas culturais que se sobrepõem, sempre há o risco de interferência nesses esquemas e recursos nos momentos em que são colocados em prática, podendo haver influências vindas da cultura didática já estabelecida ou mesmo de outros sistemas culturais.

Racionalismo aplicado e natureza manufaturada

Outro aspecto que indica a interdependência entre ciências e sociedade é a integração entre mundo natural e artificial. O sentido original da ideia de natureza foi sendo perdido ao longo dos últimos 350 anos por causa da mediação do mundo feita pelas tecnologias emergentes. Ele foi sendo substituído pelo surgimento de artefactos técnicos, como lâmpadas, alimentos processados, fármacos, entre outros que, de algum modo, ocupam o mesmo nicho ontológico de partes da natureza. Até o final do século XIX, a técnica para iluminar era baseada em “queimar” algo. Substâncias eram classificadas como bons ou maus combustíveis. Edison criou a lâmpada de filamento elétrico a partir de técnica oposta, a de impedir que o material queime. Para impedir a queima do filamento, foi necessário primeiro reinterpretar a combustão, não como manifestação de uma força (flogístico) mas como a combinação com o oxigênio. Assim, a campânula de vidro das lâmpadas não se propõe a afastar o vento, como nos lampiões, mas serve para evitar que o oxigênio se combine com o filamento. Permanece o nome (“lâmpada”, de lamparina) e a função (iluminar) em um completamente novo artefacto, só possível de ser entendido por um pensamento apoiado em novas ideias científicas. Bachelard usa o conceito de “fenomenotécnica”

para identificar a produção de fenômenos que são dependentes do pensamento científico. Uma lâmpada elétrica, deste modo, não existiria sem o conceito de corrente elétrica nem a compreensão da combustão como reação química com o oxigênio. Este processo resulta na produção de uma realidade manufaturada que vai se superpondo à ideia original de natureza. Ela tem sua origem na ciência moderna e vai se tornando proeminente até ser naturalizada, ao ponto de passar hoje quase despercebida no cotidiano. Por isso, e torna-se mais adequado falar em tecno-natureza ou natureza manufaturada para indicar o amálgama entre natureza e ciência-tecnologia. Por exemplo, o que dizer da corrente alternada que hoje circula no interior da fiação elétrica doméstica. Ela não é natural no sentido original, pois não pode existir sem apoio numa racionalidade técnico-científica aplicada aos objetos do mundo. Ela é, ao mesmo tempo, tributária do domínio dos fenômenos elétricos, cujas manifestações naturais remontam à antiga Grécia, mas também de todo desenvolvimento científico e tecnológico realizado por Coulomb, Faraday, Kirchhoff, entre outros. Neste sentido, a corrente elétrica “não é um fenômeno, mas técnica de organização de fenômenos. Adquire sua realidade em decorrência da própria organização” (BACHELARD, 1996, p. 199). Assim, a inteligibilidade da corrente alternada só é possível por um pensamento municiado de «técnicas» oferecidas pela teoria eletromagnética. Técnicas aqui entendidas como o arcabouço teórico-prático que torna possível responder a perguntas do tipo: Como uma corrente elétrica direta se diferencia de uma corrente alternada? Qual o significado de alternado? O que se alterna? O que produz uma corrente alternada num fio? Para responder a essas perguntas, o pensamento precisa estar equipado de todo o arcabouço teórico-prático que torna a corrente elétrica um objeto do campo de saber próprio da racionalidade eletromagnética.

Assim, as revoluções operadas sobre o conhecimento no início do século XX consolidaram uma ruptura entre experiência comum e experiência no sentido da ciência e da tecnologia. Isto faz com que o conhecimento especializado das ciências e de outras áreas organizadas do conhecimento humano se diferenciem da experiência comum de uma maneira nunca antes vivenciada na história do pensamento humano. Bachelard usa o exemplo da medida da massa para exemplificar essa ruptura entre conhecimentos e experiências humanas:

Mas quando no século XX, selecionamos e pesamos os isótopos, impõe-se uma técnica nova, indireta. O espectroscópio de massa, indispensável para essa técnica, é baseado na ação dos campos elétricos e magnéticos. Trata-se de um instrumento que bem se qualificar de indireto, se o compararmos à balança. A ciência de Lavoisier que fundamenta o positivismo da balança está em ligação contínua com os aspectos imediatos da experiência usual. Já não é mais a mesma coisa quando se acrescenta um eletrismo ao materialismo. *Os fenômenos elétricos e magnéticos dos átomos estão ocultos na química de Lavoisier, pesa-se o o cloreto de sódio como na vida comum se pesa o sal de cozinha... No que se refere ao espectroscópio de massa ... um longo circuito na ciência teórica é necessário para compreender-lhe os dados.* (BACHELARD, 1977, p. 122, grifo do autor).

A exposição apresentada reforça a diferenciação necessária entre a experiência comum e o uso sofisticado da racionalidade científica dentro da perspectiva da revolução trazida pela ciência a partir do século XX. O simples ato de “pesar” (medir a massa) passa a incorporar exigências de pensamento não acessíveis aos não educados. O exemplo citado da espectroscopia é de interesse, pois dominá-la é hoje necessidade em campos que não se confinam aos domínios da pesquisa em Química ou em Física. Trabalhadores de diversos setores da indústria se veem hoje defrontados com a necessidade de fazer uso de tal equipamento (espectrógrafo de massa) para exercerem suas tarefas profissionais como na indústria farmacêutica.

Do ensino de ciências da escola, retemos os fatos, esquecemos razões, e é assim que a “cultura geral” fica entregue ao empirismo da memória. Será preciso, pois que encontremos exemplos mais modernos em que possamos acompanhar o esforço efetivo de instrução. (BACHELARD, 1977, p. 145).

Desta forma, privar os estudantes do acesso ao pensamento científico, manifestado nos vários campos da Física mais atual, é impedir o acesso à parte considerável do mundo. Deste modo, a expressão “ser alfabetizado cientificamente” não é apenas uma metáfora linguística, mas uma realidade na medida em que a leitura do mundo passa por ser capaz de decodificar e refletir com base numa racionalidade gestada no interior da ciência.

Problemas e problematização

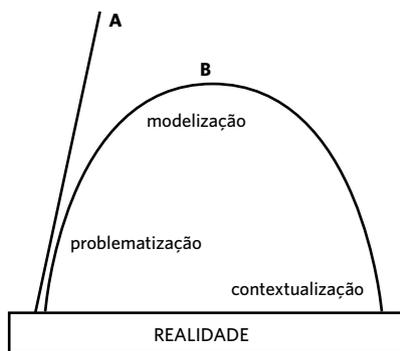
De maneira geral, os problemas são a base de toda prática científica, pois, mais do que as perguntas, são eles que constituem a zona de mediação entre o conhecido e o não conhecido. Ou seja, os problemas partem do que já se conhece e buscam o novo por meio de hipóteses lançadas sobre o desconhecido. À primeira vista, poderia parecer que as respostas são a maior contribuição que a ciência pode oferecer. No entanto, é na formulação dos problemas que toda a prática cultural da ciência se diferencia de outras práticas culturais humanas. Bachelard oferece uma boa maneira de entender o papel gerativo dos problemas na ciência ao afirmar que:

Antes de tudo o mais, é preciso saber formular problemas. E seja o que for que digam, na vida científica, os problemas não se apresentam por si mesmos. É precisamente esse sentido do problema que dá a característica do genuíno espírito científico. Para um espírito científico, todo conhecimento é resposta a uma questão. Se não houver questão, não pode haver conhecimento científico. (BACHELARD, 1977, p. 148).

Interessa ainda considerar que é já na formulação dos problemas que o exercício da criatividade científica começa, pois nem todos os problemas são passíveis de serem respondidos. Delimitar de maneira precisa o alcance das perguntas contidas nos problemas propostos determina, em grande parte das vezes, as possibilidades de respostas consistentes. Problemas muito ousados tem pouca chance de oferecer respostas confiáveis, assim como problemas muito tímidos acabam por oferecer respostas muito semelhantes ao que já se conhece. O balanço entre ousadia e timidez se dá tanto no campo teórico como no campo experimental. Neste aspecto, a história da ciência é instrumento fundamental no entendimento de como a ciência vem caminhando de modo sinuoso, mas seguro, ao longo dos últimos 350 anos. A descoberta das ondas eletromagnéticas serve como exemplo de como Maxwell, baseado nos trabalhos de Faraday sobre o eletromagnetismo, foi capaz de problematizar a existência das ondas eletromagnéticas, que, no entanto, só ganharam realidade a partir do experimento planejado por Hertz para produzi-las e detectá-las. Outros tantos episódios históricos têm o potencial de iluminar a maneira com a Física vem inquirindo a natureza por meio de problemas formulados pelo uso criativo da imaginação científica.

Os problemas e a problematização ocupam papel de destaque na definição do currículo de Física. Ser capaz de formular e encaminhar soluções a problemas é um objetivo primordial de aprendizagem para os alunos do Ensino Médio. No entanto, cabe diferenciar problemas de simples questões, pois embora todo problema contenha uma ou mais questões, nem toda questão se configura como verdadeiro problema.

Ricardo apresenta o diagrama a seguir para discutir o papel da problematização em sala de aula. A curva **B** indicaria situações de problematização no sentido completo, na medida em que partem de situações tiradas da realidade, sendo produzidos modelos que, em seguida, podem ser usadas para reinterpretar a própria realidade. A curva **A** tem a virtude de propor problema a partir da realidade, mas a construção tratada no mundo das ideias não retorna para enriquecer o entendimento da realidade de onde partiu.



Esquema 02

Diagrama sobre atividades problematizadoras (extraído de Elio Carlos Ricardo, 2020, p. 39).

Meirieu (1998) define uma situação-problema como sendo “uma situação didática na qual se propõe ao sujeito uma tarefa que ele não pode realizar sem efetuar uma aprendizagem precisa” (p.192). A situação-problema é meio para a aprendizagem. Mas uma situação-problema também poderá levar os estudantes a mobilizar seus conhecimentos e suas representações, questionando-as, lançando novas hipóteses e elaborando novas ideias (ASTOLFI *et al.*, 2002).

Assim, um primeiro aspecto a ser considerado na definição de situações-problema, tanto no contexto da pesquisa como no ensino de Física, é a capacidade de elas gerarem novos conhecimentos. Vlassis e Demonty (2002), ao discutirem as características de uma situação-problema, afirmam que “por mais evidente que isso possa parecer, a situação deve verdadeiramente pôr um problema aos alunos” (2002, p.40). Este é o sentido epistemológico que habilita os problemas a serem os elementos geracionais do currículo aqui proposto. Ou seja, ser capaz de desenvolver situações-problema adequadas ao ensino implica em se questionar se a partir deles é possível aprender novos conhecimentos. Esta forma de abordar os problemas e a problematização como instrumento fundamental da prática docente descarta, de imediato, todo e qualquer problema que tenha por objetivo avaliar a memória, ou ser apenas um exercício de conhecimentos já adquiridos. Deste modo, o que se espera é que a Física escolar seja um espaço de problematização, no qual situações extraídas do cotidiano local e global se materializem, pela ação conjunta de professor e estudantes, em problemas que, ao serem resolvidos, tragam a necessidade de novos conhecimentos, sejam eles na forma de esquemas de ação e/ou recursos. Echeverría e Pozo (1998) argumentam:

Em muitos aspectos, resolver um problema como o faria um cientista requer a adoção de estratégias e procedimentos opostos à intuição ou às regras heurísticas habitualmente empregadas em contextos informais. Por isso, o ensino da solução de problemas deve promover e **consolidar o uso de novas formas de raciocínio** nas diferentes áreas do currículo. (ECHEVERRÍA; POZO, 1998, p. 40, grifo nosso).

As situações-problema podem ser classificadas segundo uma tipologia já tradicional na área de ensino de Física como problemas fechados a problemas abertos (GIL-PEREZ *et al.*, 1992). Problemas fechados, também ditos exemplares ou tipo (KUHN, 2010; ZYLBERSTAJN, 1998), seriam aqueles que dialogam diretamente com aspectos internos da prática cultural da Física e envolvem conceitos, leis e técnicas de resolução consagradas. Na maioria das vezes, apresentam esquemas de ação acoplados a recursos canônicos e consensuais. A solução dos problemas envolvendo blocos apoiados em plano inclinado é um exemplo de problema fechado. Sua solução necessita que o pensamento incorpore certos aspectos próprios da prática dos físicos, como identificação de forças atuando no bloco, a decomposição dessas em duas direções perpendiculares, a aplicação independente da segunda lei de Newton às duas direções etc. Os problemas abertos estão no outro extremo da matriz, sendo aqueles que extrapolam o domínio interno da Física e que, portanto, precisam ser lapidados de modo a poderem obter uma solução no seu interior. Ou seja, problemas abertos precisam ser discutidos de modo a poderem converter-se em problemas fechados e assim serem resolvidos pelos esquemas de ação e recursos consagrados pela área.

Aqui não se trata de decidir por um dos extremos da tipologia, mas de oferecer situações-problema variadas e dedicadas ao projeto formativo em curso. Assim, se o objetivo for aprender a segunda lei de Newton, problemas fechados se adequam melhor a esta tarefa. Se o objetivo for mostrar situações-problema de relevância social, como determinar o ângulo máximo de inclinação de uma estrada de ferro, problemas abertos são mais adequados.

Outros aspectos além da tipologia já citada são importantes de serem considerados na construção do currículo de Física baseado em problematização. A vinculação dos problemas com demandas de dimensão da vida social habilita a Física como conhecimento fundamental para a cidadania crítica e imbuída de justiça social. Tomemos em particular a necessidade de frear o aquecimento global. Como entender e agir ante este risco civilizatório sem entender o conceito de energia, suas transformações e degradação? O mesmo pode ser dito sobre a decisão relativa à própria saúde quando da decisão de se submeter ou não a um tratamento radioterapêutico. Relegar tais questões ao domínio dos técnicos e dos especialistas é abrir mão da responsabilidade própria do indivíduo nas esferas pessoal e social da vida contemporânea.

Modelos e representações

A noção de representação talvez seja um dos aspectos mais emblemáticos da prática científica. Se considerarmos que o cientista se dedica a estudar situações-problema que resistem ao entendimento ou que demandam ações e atitudes específicas, as respostas passam pela construção de representações conceituais. A ciência constitui-se, assim, numa forma coletiva e organizada de produzir representações que acabam por definir o “mundo da ciência”, ou seja, uma tradução conceitual do mundo. Por se tratar de um processo de conhecimento realizado por seres humanos, o mundo da ciência é uma construção social, porém aperfeiçoada e constantemente atualizada. O social envolvido se concentra, mas não se limita, à comunidade de especialistas, sendo também guiada por interesses externos e submetida a necessidades de comunicação. Isto imprime ao mundo da ciência, e às representações que dele fazem parte, características particulares que o diferencia das demais representações de mundo.

As representações produzidas no contexto da ciência geram uma forma coerente, idealizada, mas limitada de conceber o mundo. A forma de conhecer ditada pela ciência valoriza algumas facetas do mundo,

ao mesmo tempo em que exclui outras. Por exemplo, enquanto o movimento da Lua é uma parte do mundo que foi/é motivo de intensos estudos na Astronomia, os sentimentos causados pela Lua dos enamorados, por exemplo, já não o é. O conhecimento científico produzido nos estudos sobre o mundo permite a construção de representações particulares, revelando, desta forma, um mundo diferente daquele representado pelo/para o leigo. A representação científica é então resultado de um processo de interpretação do mundo pautado por métodos e técnicas que se diferenciam ao longo do tempo das práticas cotidianas. Esta interpretação particular do mundo, como também ocorre no caso da interpretação artística, religiosa, mítica etc. resulta da capacidade criativa do ser humano. É incorreto considerar que o mundo se resume a um só tipo de representação. Saber o que manter e o que descartar na construção de representações é parte da competência do saber ciências.

As representações são então elementos mediadores entre o mundo em si e o mundo construído por meio de um arsenal de esquemas e recursos científicos. Se as representações são o resultado do uso do conhecimento em direção a apreender aspectos do mundo, elas não podem se limitar a eles. No seu estado puro, o conhecimento se reveste de um caráter ideal e aparentemente sem vínculos com a realidade. Tomemos, por exemplo, o Princípio da Inércia, que diz que todo corpo mantém seu estado de movimento enquanto não houver ação efetiva de forças sobre ele. É fácil perceber que ela **não** se aplica diretamente ao mundo das coisas que encontramos no cotidiano. Os objetos reais, em geral, não se comportam seguindo esta premissa. Porém, podemos imaginar tais objetos como pertencentes a uma realidade idealizada, livre da atmosfera e das interações de fricção. Assim, objetos físicos pertencem às realidades físicas e são dotados de propriedades físicas. No caso da realidade mecânica, tais objetos seriam completamente lisos e se moveriam numa situação sem qualquer interação aero ou hidrodinâmica. Também não estariam sujeitos a nenhum outro tipo de interação física efetiva, que pudesse alterar de alguma maneira o espaço onde estão imersos. Um tal objeto se constitui numa representação de objetos cotidianos impregnados da concepção científica. A modificação de objetos cotidianos em objetos científicos (idealização) é a parte inicial do processo de modelização científica, onde se produz o que se define como um “objeto-modelo” (BUNGE, 2008; PIETROCOLA, 1999). Ou seja, um objeto com propriedades que permite que ele seja integrado a uma teoria científica. Quando isto ocorre, o comportamento dos objetos-modelo passa a ser completamente definido pelas leis presentes no interior da teoria. No caso apresentado, o comportamento do suposto objeto do mundo mecânico seria comandado pelas leis de Newton, pelos Princípios de Conservação da Energia e da Quantidade de Movimento etc. Produz-se, assim, uma representação capaz de interpretar o comportamento de objetos em movimentos presentes na nossa escala de grandeza, em baixa velocidade, longe da ação de grandes massas.

Existem várias formas de classificar/categorizar as representações científicas. Numa delas, as representações podem ser definidas em termos de imagens, esquemas e modelos, numa ordem crescente de complexidade sobre a possibilidade de se gerar inferências a partir de considerações iniciais. Enquanto as imagens são representações estruturais de baixa «mecanicidade»¹, os modelos são representações que contêm mecanismos internos que permitem inferências do tipo hipotético-dedutivas sofisticadas. Os esquemas estariam no caminho intermediário entre ambas e oferecem um panorama de organização estrutural das situações representadas. Assim, podemos ter uma representação tipo imagem do sistema planetário, em que as posições relativas entre o Sol, planetas e satélites são apresentadas. Podemos ainda ter um esquema que represente o mesmo sistema, no qual, além das posições relativas dos astros,

1 Para Mario Bunge, a mecanicidade diz respeito à capacidade de engendrar relações de causa e efeito que permitem a proposição de, por exemplo, leis científicas. A mecanicidade está na origem da construção de explicações e interpretações.

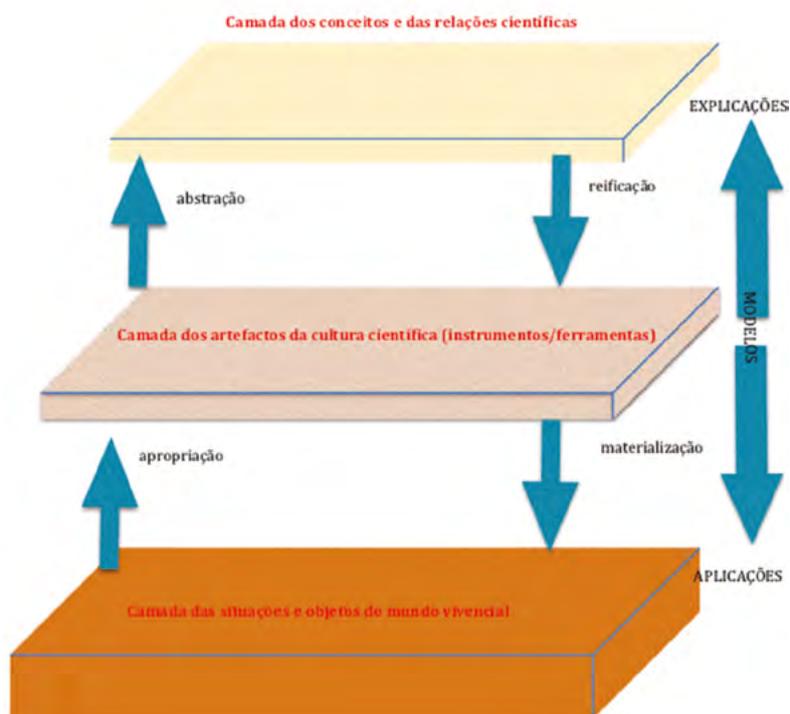
temos a descrição da órbita executada por cada um deles, o que permitiria a previsão de, por exemplo, eclipses. Finalmente, um modelo do sistema planetário seria uma representação em que as leis de Kepler e Newton estariam a reger a interação gravitacional dos astros, e os movimentos observados seriam o resultado dessas interações expresso pelas equações orbitais, permitindo inclusive a previsão não só de eclipses, mas também sobre a existência de outros astros, como novos planetas, cometas etc.

Pela sua característica eminentemente teórica, ou seja, de serem os conteúdos de Física majoritariamente organizados em teorias, os modelos são as formas de representação mais importantes. Em praticamente todas as áreas da Física existem modelos que dão suporte ao pensamento físico. Muitas vezes, confundidos com a própria essência da prática científica, os modelos são formas sofisticadas de representar o mundo. Deve-se ficar atento aos vários empregos dos modelos. Em algumas situações, ele é confundido com as leis ou teorias já construídas num determinado campo por especialistas. Em qualquer situação, fica evidente que o modelo desempenha um papel característico em relação à prática científica: ele é um substituto conceitual que pode ser manipulado cognitivamente. Ele é uma construção da mente, que permite substituir um conjunto de variáveis, que, por diversas razões, não são diretamente acessíveis à experiência. Este modelo é construído em função de ideias que se faz do mundo sob análise; ideias que podem estar ligadas às observações, aos conhecimentos anteriores e/ou à formulação do problema. Por exemplo, no caso do modelo planetário do átomo, os elementos a manipular estão ligados entre si por estruturas abstratas, enquanto no modelo quantificado de fluxo de matéria e energia em um ecossistema é a matematização que vincula esses elementos.

Os modelos, devido à sua flexibilidade, podem desempenhar diversas funções, às vezes até simultaneamente. Eles podem servir para compreender, explicar, prever, calcular, manipular, formular, simular. Entretanto, dentre estas funções as que se percebem mais relevantes e presentes nos modelos são as funções explicativa e preditiva. Explicar é uma função importante no momento de elaboração do pensamento. A explicação pode passar pela analogia ou pela análise das relações entre elementos do sistema que serve de modelo. Prever é antecipar o desenvolvimento de uma teoria interpretativa que constitui o fenômeno. É a função que está associada ao aspecto matematizável ou formal do modelo e pode servir para testar o modelo.

De modo geral, a prática científica se coloca como meio de construir representações conceituais que intermedeiam aspectos do mundo/realidade com ideias, conceitos e teorias. As representações da ciência são intermediadores entre o mundo dos fenômenos e o mundo das ideias. No diagrama a seguir, apresentamos um esquema que pretende descrever estas relações.

Figura 1: Prática científica e as relações entre o mundo conceitual e vivencial (cotidiano).



Fonte: Maurício Pietrocola

CAMADA/DESCRITORES DA FIGURA	APLICADO AO TEMA FORÇA E MOVIMENTO
<p>Camada do mundo vivencial: conjunto das experiências humanas, coletivas e individuais, sistematizadas ou não</p>	<p>Mundo vivencial associado aos temas: empurrão, puxão, apertar, escorregar na prancha, cabo de guerra, carregar caixas e sacolas, pular corda, empinar pipa, puxar carrinhos, carregar o amigo nas costas, corrida de saco, jogar boliche, jogar bolinha de gude, pular amarelinha, colchão de ar, cama elástica, necessidade de erguer objetos pesados, necessidade de transportar cargas.</p>
<p>Camada dos artefactos da cultura: objetos impregnados pela intenção científica e que os tornam instrumentos da prática dos cientistas</p>	<p>Camada dos artefactos culturais associadas aos temas: eixos, cordas, tensões, compressões, massa (peso) dos objetos, balança, comprimento, grossura, alavanca (como objeto, pás, martelos, enxadas, hastes et) área, velocímetro, dinamômetro (medidor de força), mola, elasticidade, atrito, plano inclinado, roldanas, polias, história do uso das polias, história da invenção das máquinas, problema da unificação das medidas, diagrama de forças, órbitas, trajetórias.</p>
<p>Camada dos conceitos e das relações: ideias que se tornam estáveis e permitem interpretar o mundo na perspectiva da ciência</p>	<p>Camada dos conceitos e das relações associadas aos temas: Força, velocidade, aceleração, deslocamento, 2ª lei de Newton, Lei da força de atrito, densidade, volume, medidas, História das ideias, história dos problemas científicos.</p>

Modelizar: Mais alta habilidade dentre as práticas científicas. Envolve ser capaz de transitar do mundo vivencial para o mundo dos conceitos e relações produzindo explicações e, no sentido oposto, transitando do mundo dos conceitos e relações fazendo aplicações e previsões sobre o mundo vivencial.

A tradição escolar da Física tem sido a de lidar com conhecimentos previamente simplificados e idealizados, escondendo os modelos e a modelização. No entanto, ser educado cientificamente pela Física é desenvolver habilidades para incorporar e desenvolver artefactos culturais e interiorizar conceitos e relações de modo a ser capaz de transitar entre as três camadas de mundo da figura 1. A tarefa de ensinar ciências passa por ensinar os estudantes a produzirem e utilizarem modelos. Desta forma, parte importante do trabalho do professor passa por conduzir a aprendizagem dos estudantes em direção aos modelos. Isto posto, ensinar Física é ensinar a construir e aplicar os modelos da Física em situações variadas e de relevância científica e social. Este será um dos aspectos.

Matemática como linguagem estruturante da Física²

A Matemática está alojada de forma definitiva no seio da Física. Isto fica claro quando avaliamos os produtos de sua prática científica. Seja em livros, artigos, congressos, a linguagem matemática recheia o discurso físico por meio de funções, equações, gráficos, vetores, tensores, inequações, geometrias diversas, entre outros. Alguns autores veem a adequação entre ambas como um critério de racionalidade, e não apenas um indicativo de convencionalismo ou empiricismo (SIMON, 2005). A existência de debates sobre a escolha de sistemas matemáticos para representar teorias mostra que não se trata de simples conveniência, mas envolve a significação física das teorias.

No ensino da Física, a Matemática é, muitas vezes, considerada como a grande responsável pelo fracasso escolar. É comum professores alegarem que seus estudantes não entendem Física devido à fragilidade de seus conhecimentos matemáticos. Para muitos, uma boa base matemática nos anos que antecedem o ensino de Física é garantia de sucesso no aprendizado. Mesmo os estudantes acreditam que saber Matemática é fator determinante para superar as dificuldades específicas das atividades propostas nas aulas de Física. Por exemplo, a cinemática, amplamente ensinada em nível médio, apoia-se fortemente em conhecimentos sobre funções. De modo não intencional, os professores acabam por relegar a Matemática a mero instrumento da Física! Inicialmente, podemos dizer que aprender Matemática é muito diferente de aprender a usar a linguagem matemática em Física. Redish deixa claro este aspecto, afirmando que “[...] a linguagem da Matemática que usamos na Física não é a mesma ensinada pelos matemáticos. Existem muitas diferenças notáveis” (REDISH, 2005, p. 1). Na condição de linguagem que sustenta as relações estabelecidas no mundo físico, a linguagem matemática é mediadora entre nossas ideias e as coisas que visamos representar. A maneira como essa questão tem sido abordada oferece o risco de erigir um “obstáculo-pedagógico” perigoso, simplificando a relação Matemática-Física a uma falsa questão de pré-requisito. Uma visita à história da Física pode ajudar a esclarecer este ponto.

2

Este trecho se baseia fortemente em textos produzidos nos trabalhos de Pietrocola (2002) e Karam; Pietrocola (2009).

A Física, dentre as ciências experimentais, é a que mais fortemente se organiza em sistemas simbólicos formalizados. Embora possa parecer natural que as leis Física sejam expressas matematicamente, um olhar mais crítico pode revelar tratar-se de uma relação construída historicamente. Para Bunge (2008), a capacidade dos sistemas matemáticos em representar corretamente os fenômenos naturais é fruto de um sucesso histórico. Foram necessários séculos, senão milênios, para que o pensamento da Física pudesse se apoiar em linguagem matematizada. Dos gregos aos iluministas franceses, episódios históricos revelam as dificuldades do pensamento científico em se estruturar a partir da Geometria, da Álgebra e de outros sistemas matemáticos visando interpretar o mundo natural (PATY, 1999). Esperar que nossos estudantes incorporem naturalmente a matemática ao pensamento físico é desconsiderar o esforço de gerações de cientistas que tornaram isto possível. Procedendo desta maneira, corre-se o risco de permitir que concepções ingênuas sobre a relação matemática-física se instalem no processo de ensino-aprendizagem, outorgando à primeira o papel de apenas descrever um mundo físico inerentemente organizado.

Uma forma didaticamente produtiva de considerar a relação entre a Física e a Matemática é considerar a última linguagem da primeira. A linguagem constitui-se num sistema mediador entre as coisas e as relações presentes no mundo e nosso pensamento. Por meio da linguagem, podemos nos comunicar sobre fatos e situações concretas e presentes no mundo, mas também sobre situações imaginadas e acontecimentos passados produzidos e armazenados em nossa mente (BRONOWISKI, 1978). Somos também capazes de fazer avaliações e julgamentos. Deve-se atribuir um papel criador à linguagem, que, ao dar forma às ideias produzidas pela imaginação, **estrutura** o pensamento e permite apreender as mais diversas faces do mundo físico, social, onírico, dentre outros (BORGES NETO, 2004).

No interior da ciência, a linguagem também tem papel estruturador. No entanto, se diferencia da linguagem comum por fazer uso de formalizações, que praticamente inexistem na primeira. Devemos entender por formalização o recurso a sistemas simbólicos, como a Geometria e a Álgebra, que garante coerência, coesão e precisão. Neste ponto, a distinção entre a linguagem cotidiana e científica se torna muito grande. Mas não existe uma ruptura entre ambas, senão uma passagem lenta e segura da linguagem menos precisa e coerente do dia a dia para uma linguagem formalizada em Física pelo uso dos sistemas matemáticos.

Vygotsky (1991) afirmava que uma criança pode desenvolver por conta própria a linguagem falada. Mas que a linguagem escrita lhe é artificial e, portanto, precisa ser ensinada. E acrescentou que, tradicionalmente, o ensino da escrita tem sido feito tecnicamente. Essa percepção do ensino da linguagem como técnica é válido também para o uso da Matemática como linguagem na ciência. Professores acreditam que pelo fato de os estudantes dominarem operacionalmente alguns sistemas matemáticos, como funções, geometria, coordenadas cartesianas etc., estão habilitados a tratar os fenômenos físicos por meio deles (REDISH, 2005). Isso induz a considerar que o domínio técnico da Matemática é suficiente ao pensamento científico. Esquecem-se que o pensamento científico não descreve matematicamente o mundo, mas inicialmente interpreta-o para apenas posteriormente, descrevê-lo.

Não há como negar que a Matemática é parte essencial dos saberes necessários para a aprendizagem da Física. Aprender a usar a Matemática como linguagem da Física se dá de duas formas (PIETROCOLLA, 2002). A primeira se fundamenta no domínio técnico dos sistemas matemáticos, como a operação com algoritmos, a construção de gráficos, a solução de equações, etc. Consideramos essa característica ligada ao contexto interno dos saberes matemáticos e o designamos por “habilidade técnica”, no sentido de ser capaz de lidar com as regras e propriedades específicas dos sistemas matemáticos. A segunda se

fundamenta na capacidade de utilizar os saberes matemáticos para a estruturação de situações físicas. Consideramos essa característica ligada ao uso organizacional da Matemática em domínios externos a ela como “habilidade estruturante”.

É inegável que a capacidade de manipular tecnicamente muitas das “ferramentas matemáticas” (habilidades técnicas) é **necessária** para um bom desempenho dos estudantes na disciplina de Física. Entretanto, apesar de necessária, essa condição está **longe de ser suficiente**, ou seja, não é possível afirmar que os estudantes que as dominam serão bem-sucedidos em Física. Ao realizarem testes para medir o conhecimento técnico de fundamentos de Álgebra e Trigonometria no início de um curso de Física básica, Hudson & McIntire (1977) constataram que o mesmo serviu como um instrumento que possibilitou “a previsão do fracasso, mas não a garantia do sucesso” dos estudantes (HUDSON; MCINTIRE, 1977, p. 470). Este resultado parece corroborar a afirmação de que o domínio técnico da Matemática, embora necessário, não é suficiente.

Isso implica que deve haver uma intenção didático-pedagógica em preparar os estudantes para fazer uso da linguagem matemática como estruturante do pensamento em Física. Professores de Física em geral deveriam ter clareza sobre essa necessidade, de forma a não subestimar as dificuldades daí decorrentes. O fato de as habilidades técnicas na Matemática não se desdobrarem por si mesmas em habilidades estruturantes gera obstáculos de natureza didático-epistemológicas. Problemas desse tipo têm sido tratados na literatura da didática das ciências por meio do conceito de “objetivo-obstáculo”. A habilidade estruturante é obstáculo na medida em que não adquiri-la, permanecendo no nível técnico, impede a plena apropriação do conhecimento físico. Estruturar o pensamento dos estudantes com base nas linguagens que a Matemática oferece passa a ser um objetivo a ser perseguido pela didática da Física.

Em termos das pesquisas contemporâneas, a área de modelagem matemática oferece trabalhos que servem ao propósito de dotar o pensamento da habilidade estruturante.

Para o contexto do ensino de Física, uma modelagem matemática precisa incorporar de forma explícita o domínio empírico, ou seja, envolver atividades experimentais. Uma boa atividade modelizadora deveria necessariamente se preocupar na passagem dos dados “brutos” contidos num fenômeno para uma representação conceitual dele. Nesta direção, Pinheiro *et al.* (2001) apresentam propostas de atividades para introduzir os estudantes do Ensino Básico na prática de modelização matemática de fenômenos naturais por meio de atividades experimentais.

Objetos de Conhecimento e Objetivos de Aprendizagem e Desenvolvimento

Deste modo, no currículo do Ensino Médio, o ensino de Física tem como primeiro objetivo apresentá-la como uma prática cultural que se fundamenta na proposição de problemas resolvidos pelo uso sistemático e historicamente cumulativo da experimentação e da matematização. Vale reforçar que ambas são estruturantes na constituição do pensamento físico, pois servem de pilares para a construção de conhecimentos que alicerçaram o desenvolvimento da sociedade ocidental contemporânea. Isso se materializa na escolha de conteúdos que permitam aos estudantes recriar alguns processos que envolvem a formulação de problemas e o planejamento de atividades capazes de construir modelos que respondam a eles.

Existe um movimento internacional na direção de reduzir a abrangência de conteúdos tratados nos currículos de Física em prol de uma abordagem mais aprofundada. Troca-se, assim, uma perspectiva enciclopédica por outra mais processual, onde problematizar, construir modelos, validá-los e aplicá-los em situações de relevância científica e social passa a direcionar os programas. Desta forma, alguns conteúdos tradicionais do ensino de Física não aparecem explicitados na grade de conteúdos proposta a seguir. A óptica geométrica da formação de imagens, o movimento circular, o estudo do som, entre outros não aparecem na grade. Espera-se que parte dos conteúdos omitidos possam ser abarcados pela reformulação do programa de ciências do Ensino Fundamental II. No entanto, a depender do interesse dos estudantes, do planejamento do professor e da disponibilidade de aulas na grade curricular, estes conteúdos podem ser inseridos sem prejuízo de coerência ou continuidade. Por exemplo, o conteúdo de óptica geométrica (imagens) pode ser um módulo de estudo e pesquisa associado ao estudo da transmissão de informação (EM02FIS12). Vale ainda destacar que a presente proposta se converte num horizonte formativo, a ser atingido num trabalho cooperativo de longo prazo entre professores de Física, equipe pedagógica e direção das escolas. Ajustes e adequações nos projetos pedagógicos serão mandatórios em função das condições e circunstâncias da realidade escolar.

Os temas selecionados para organizar os quadros contendo os objetos de conhecimento relativos à formação geral da Física foram escolhidos de modo a exercitar duas características exemplares da prática científica desse componente, quais sejam: ser uma ciência de modelos e se constituir em conhecimento guiado por princípios de conservação. O valor dos modelos na Física foi tratado anteriormente. Os princípios são generalizações a priori que permitem comparações entre situações desconectadas no tempo, ou seja, que não mantêm uma relação de causa-efeito bem definida. O valor dos princípios reside na sua generalidade e amplo espectro de aplicação dentro e fora da Física, servindo inclusive como ponte de conexão entre áreas científicas diferentes. Entidades conceituais, como energia e quantidade de movimento, que compõem a proposição de princípios, acabam por ser capazes de cruzar as fronteiras disciplinares e gerar a possibilidade de conhecimentos interdisciplinares.

Desta forma, os conteúdos de Física a serem ensinados na escola de Ensino Médio se organizam em 4 (quatro) eixos. Os dois primeiros destinados a serem tratados na 1ª série, e cada um dos demais na 2ª e 3ª séries do Ensino Médio.

Primeira Série

Eixo 1

Força e Movimento. Este eixo visa tratar as representações e modelos capazes de interpretar e prever o comportamento dos corpos em escala mesoscópica nas proximidades da superfície terrestre. A Mecânica newtoniana é o conhecimento que dá suporte à construção dos modelos. A Matemática das funções de 1º e 2º grau e dos vetores, além da Álgebra simples, é a linguagem que estrutura e permite operar os modelos. Espera-se que os estudantes sejam capazes de construir problemas e modelos que envolvam, por exemplo, a queda dos corpos, a ação de um corpo sobre outro usando o conceito de força e obter funções matemáticas capazes de descrever e prever o movimento deles. A evolução histórica dos conceitos de força, inércia e das leis que relacionam força e movimentos oferecem a oportunidade de entender a dimensão histórica da origem das teorias física e como elas vão aos poucos se distanciando do senso comum.

Eixo 2

Energia: conservação e transformação. Este eixo visa apresentar um dos princípios mais importantes da ciência, aquele que trata da conservação e da degradação da energia. Começa por definir a energia, suas manifestações e transformações no contexto da mecânica, para, em seguida, abarcar o calor como forma de energia. A conversão do calor em trabalho mecânico serve de palco para estudar a relação da Física com o mundo da tecnologia das máquinas térmicas e tratar os limites nos processos de transformação da energia e de sua degradação. A conexão da ciência com o mundo social e econômica é aspecto fundamental para entender o mútuo desenvolvimento de ambos. O princípio de conservação da quantidade de movimento é também tratado neste eixo, apresentando um segundo princípio de conservação.

Segunda Série

Eixo 3

Interações eletromagnéticas. Neste eixo são tratados os modelos e representações capazes de interpretar e prever o comportamento das propriedades elétricas e magnéticas da matéria, assim como as ondas eletromagnéticas. A teoria eletromagnética é o conhecimento de base para a construção dos modelos que visam representar os circuitos elétricos, tanto de alta como de baixa tensão, de corrente contínua e alternada. A representação eletromagnética do mundo foi decisiva na segunda revolução industrial e moldou a vida social do final do século XIX e século XX. A explosão na produção, transmissão e uso da energia e da informação se alicerça nas fontes, nos meios de condução e modulação das ondas eletromagnéticas, com e sem suporte material.

Terceira Série

Eixo 4

Evolução do Universo. Neste eixo se oferece uma oportunidade de acessar os modelos que tratam de aspectos do mundo para além da escala da vida cotidiana dos estudantes. Busca-se também tratar os mitos de origem do universo, das estrelas e da matéria, apresentando os aspectos teóricos contemporâneos da pesquisa em Física. Trata-se também de aspectos contemporâneos da interação da radiação com a matéria, como os métodos de diagnósticos e tratamento da medicina nuclear, do decaimento radioativo e aplicações na indústria. Neste eixo, recupera-se parte do que foi estudado nos anos anteriores, oferecendo também uma interpretação ampla do conhecimento abarcado pela Física.

Eixos conceituais e objetos de conhecimento para a base comum dos três anos do Ensino Médio

SÉRIE	EIXO CONCEITUAL	OBJETOS DE CONHECIMENTO
1 ^a	Força e Movimento	Movimento de corpos nas proximidades da superfície terrestre
		Equilíbrio estático e dinâmico.
		Ação das forças e dinâmica dos movimentos
	Energia: Conservação e transformação	Conversão, transferência e conservação da energia
		Trocas e transferência de calor
	Máquinas térmicas e os Princípios termodinâmicos	
2 ^a	Interações eletromagnéticas	Circuitos elétricos
		Geração, transmissão e consumo de eletricidade
		Emissão, propagação e recepção de ondas eletromagnéticas
3 ^a	Evolução do Universo	Modelos cosmológicos
		Formação e evolução das estrelas
		Interação matéria Radiação

Objetos de Conhecimento e Objetivos de Aprendizagem e Desenvolvimento

1ª SÉRIE		
EIXO 1: FORÇA E MOVIMENTO		
Objetos de conhecimento	Objetivos de aprendizagem e desenvolvimento	Metas referentes aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS)
Movimento de corpos nas proximidades da superfície terrestre	<p>(EM01FIS0) Caracterizar diferentes movimentos que se realizam nas proximidades da superfície terrestre e determinar meios de quantificá-los por meio de grandezas relevantes para sua observação (distâncias, percursos, velocidade, massa, tempo, aceleração etc.);</p> <p>(EM01FIS02) Modelar a partir de diferentes registros matemáticos, tais como tabelas, gráficos, funções, os movimentos nas proximidades das superfícies;</p> <p>(EM01FIS03) Problematizar a medida do tempo como desafio socioeconômico e interpretar as proposições de calendários ao longo da história e diferenciar calendários solar e lunar;</p> <p>(EM01FIS04) Reconhecer o problema da medida do tempo e desenvolver soluções que usem fenômenos periódicos (batimento cardíaco, movimento de pêndulos, escoamento da água, sucessão das fases da Lua, etc.);</p> <p>(EM01FIS05) Planejar e desenvolver montagens experimentais para representar, em diferentes registros matemáticos, as relações entre variáveis, como o valor da aceleração da gravidade, a altura e o tempo numa queda livre, ou no percurso de uma esfera em canaleta inclinada, ou entre comprimento de pêndulos e sua frequência de oscilação.</p>	  
Equilíbrio estático e dinâmico	<p>(EM01FIS06) Caracterizar o equilíbrio de estruturas rígidas por meio das forças (peso, normal, de tração, elástica, força de atrito, de resistência do ar, empuxo etc.);</p> <p>(EM01FIS07) Estabelecer as condições de equilíbrio de objetos e sistemas em diferentes situações presentes no cotidiano.</p>	  

Ação das forças e dinâmica dos movimentos

(EM01FIS08) Identificar a permanência de um objeto numa mesma posição, ou a constância de sua velocidade, como resultado do cancelamento das forças agindo nele, e explicar qualquer alteração na sua velocidade pela ação da força resultante atuando nele, como nos casos de plano inclinado, entre outros;

(EM01FIS09) Reconhecer a existência de diferentes explicações expressas ao longo da história para a produção e mudança de movimentos e compará-las com interpretações espontâneas, não científicas, e não raro encontráveis ainda hoje;

(EM01FIS10) Produzir dados experimentais, obtidos de modo analógico ou digital, e analisá-los usando tabelas e gráficos, usando também meios computacionais que deem suporte à primeira e à segunda leis de Newton;

(EM01FIS11) Interpretar a interação de objetos por meio da lei de ação e reação;

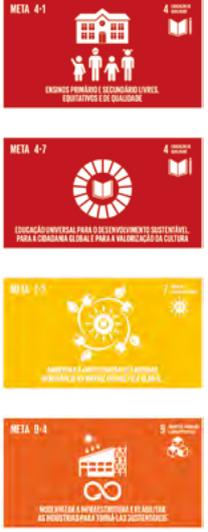
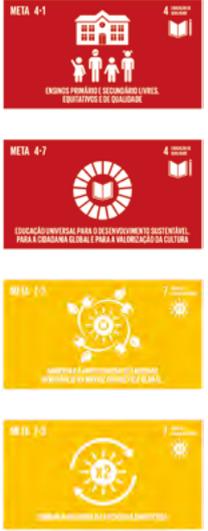
(EM01FIS12) Aplicar ideias das ciências e da engenharia para planejar, avaliar e refinar dispositivos que minimizem a ação de forças sobre objetos durante colisões;

(EM01FIS13) Reconhecer a conservação da quantidade de movimento em sistemas que envolvam mais de um corpo.



1ª SÉRIE

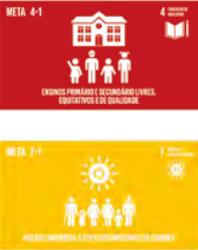
EIXO 2 - ENERGIA: CONSERVAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO

Objetos de conhecimento	Objetivos de aprendizagem e desenvolvimento	Metas referentes aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS)
<p>Conversão, transferência e conservação da energia</p>	<p>(EM01FIS14) Problematizar a origem do princípio de conservação da energia e relacioná-la à evolução das ideias ao longo da história;</p> <p>(EM01FIS15) Planejar e aplicar modelos para ilustrar que a energia em escala macroscópica pode ser calculada pela soma da energia associada ao movimento e a posição dos corpos;</p> <p>(EM01FIS16) Planejar, construir e refinar dispositivos experimentais para ilustrar a transformação de uma forma de energia em outra forma de energia, por exemplo, uma roda d'água, um monjolo, turbinas de vento, células solares, fogão solar na atração/repulsão de dois ímãs ou esferas eletrizadas, etc;</p> <p>(EM01FIS17) Problematizar a disponibilidade limitada de recursos naturais para atender às demandas sociais de energia e propor melhorias para seu uso racional em situações cotidianas.</p>	 <p>As imagens representam as Metas 4-1, 4-7, 7-2 e 9-4 do ODS. A Meta 4-1 trata de educação primária e secundária de qualidade. A Meta 4-7 trata de educação universal para o desenvolvimento sustentável. A Meta 7-2 trata de energia limpa e acessível. A Meta 9-4 trata de infraestrutura e inovação para a sustentabilidade.</p>
<p>Trocas e transferência de calor</p>	<p>(EM01FIS18) Identificar processos de trocas térmicas e mudanças de temperatura, como condução, convecção e irradiação, em ciclos naturais e equipamentos, como fornos, refrigeradores e caldeiras, representando esses processos por meio de diagramas e de modelos cinéticos;</p> <p>(EM01FIS19) Planejar e conduzir investigações experimentais, com obtenção de dados por meios analógicos e digitais, que forneçam evidências da transferência de energia térmica quando corpos de diferentes temperaturas entram em contato num sistema fechado e isso resulta numa distribuição mais uniforme entre os componentes (segunda lei da Termodinâmica);</p> <p>(EM01FIS20) Utilizar propriedades térmicas das substâncias, como condutividade, calor específico, calores latentes, coeficiente de dilatação, calor de combustão, na análise de fenômenos térmicos e explicar essas propriedades por meio de modelos cinético-moleculares;</p> <p>(EM01FIS21) Representar e/ou obter informações de tabelas, esquemas e gráficos de variações de propriedades e estados térmicos, assim como converter tabelas em gráficos e vice-versa.</p>	 <p>As imagens representam as Metas 4-1, 4-7, 7-2 e 9-4 do ODS. A Meta 4-1 trata de educação primária e secundária de qualidade. A Meta 4-7 trata de educação universal para o desenvolvimento sustentável. A Meta 7-2 trata de energia limpa e acessível. A Meta 9-4 trata de infraestrutura e inovação para a sustentabilidade.</p>

<p>Máquinas térmicas e os princípios termodinâmicos</p>	<p>(EM01FIS22) Modelar o funcionamento de máquinas térmicas reais a partir de grandezas macroscópicas, como pressão, volume, temperatura, descrevendo suas etapas de operação e sua eficiência ou rendimento;</p> <p>(EM01FIS23) Identificar os princípios da termodinâmica, de conservação e degradação da energia, como responsáveis pela limitação na conversão do calor em trabalho mecânico;</p> <p>(EM01FIS24) Compreender a relação entre o desenvolvimento das máquinas térmicas na Primeira Revolução Industrial e o surgimento da termodinâmica, problematizando as transformações econômicas, sociais e ambientais que têm ocorrido desde então.</p>	 <p>META 4-1 EDUCAR PARA O EMPREGO, O EMPREENDEDORISMO E O CIDADANISMO</p> <p>META 4-7 ENERGIA LIMPA E ACESIVIDADE</p> <p>META 7-2 ENERGIA LIMPA E ACESIVIDADE</p> <p>META 9-4 INDÚSTRIA, INOVAÇÃO E INFRAESTRUTURA</p> <p>META 11-6 CIDADES E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS</p>
---------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

2ª SÉRIE

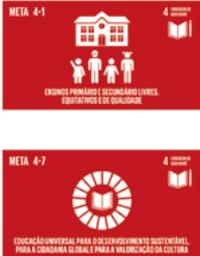
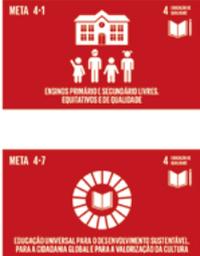
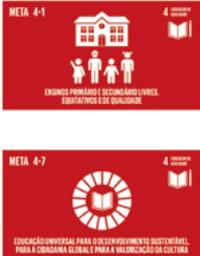
EIXO 3 - INTERAÇÕES ELETROMAGNÉTICAS

Objetos de conhecimento	Objetivos de aprendizagem e desenvolvimento	Metas referentes aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS)
Circuitos elétricos	<p>(EM02FIS01) Construir um modelo que descreva o funcionamento de equipamentos do cotidiano, como chuveiros, aquecedores e lâmpadas, por meio dos conceitos de tensão, de corrente e de resistência elétrica.</p> <p>(EM02FIS02) Construir equipamentos simples de sentido prático ou lúdico, tais como detectores/ emissores de luz, emissores/receptores de ondas de rádio, travas eletromagnéticas, divisores/ amplificadores de tensão, carregadores elétricos solares, a partir de componentes de fácil acesso, explicitando os princípios elétricos e magnéticos envolvidos em cada parte do seu arranjo;</p> <p>(EM02FIS03) Analisar e entender os princípios de funcionamento de equipamentos de segurança em circuitos elétricos, tais como fio terra, fusíveis, disjuntores, DDRs;</p> <p>(EM02FIS04) Interpretar ou produzir textos de caráter prático, com informações em gráficos, diagramas, ilustrações e tabelas, fazendo uso de símbolos e códigos, para identificar grandezas elétricas, magnéticas e suas variações.</p>	 <p>Metas 4-1 e 7-1</p>
Geração, transmissão e consumo de eletricidade	<p>(EM02FIS05) Construir um modelo para explicar o funcionamento de equipamentos e sistemas, tais como eletroímãs, motores, geradores, transformadores, microfones, alto-falantes, entre outros, a partir dos conceitos de tensão e de corrente elétricas alternadas;</p> <p>(EM02FIS06) Problematicar a produção da energia elétrica em larga escala comparando o funcionamento de usinas elétricas de fonte hídrica, térmica, eólica, solar, nuclear entre outras;</p> <p>(EM02FIS07) Analisar os sistemas de transmissão de eletricidade em curta e longa distância, caracterizar as perdas e propor formas de minimização delas;</p> <p>(EM02FIS08) Compreender a relação entre o desenvolvimento do eletromagnetismo e a Segunda Revolução Industrial, assim como avaliar seus impactos ambientais, sociais e culturais.</p>	 <p>Metas 4-1, 4-7, 7-1, 7-3, 9-4 e 11-6</p>

<p>Emissão, propagação e recepção de ondas eletromagnéticas</p>	<p>(EMO2FIS09) Utilizar representação matemática para expressar as relações entre a frequência, o comprimento e a velocidade de ondas em diferentes meios;</p> <p>(EMO2FIS10) Diferenciar as ondas mecânicas de ondas eletromagnéticas quanto às suas fontes e propriedades;</p> <p>(EMO2FIS11) Modelar os processos físicos envolvidos nos diferentes sistemas de registro e transmissão de informação sob a forma de sons e imagens, com ondas em transmissão fechada (fios) e aberta, moduladas na amplitude e na frequência, ou usando laser em cabos de fibras óticas;</p> <p>(EMO2FIS12) Comunicar informações técnicas sobre como equipamentos tecnológicos se baseiam no comportamento das ondas eletromagnéticas para transmitir e captar informação;</p> <p>(EMO2FIS13) Investigar problemas de interesse e relevância social relativos à comunicação e à informação, identificando limites e possibilidades, como poluições sonora, visual e eletromagnética, atenção a pessoas surdas, cegas e com baixa visão, e apontando soluções;</p> <p>(EMO2FIS14) Avaliar a veracidade e validade de afirmações feitas em diferentes documentos sobre os efeitos que diferentes tipos de frequências eletromagnéticas têm quando absorvidas pela matéria.</p>	
-----------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------

3ª SÉRIE

EIXO 4 – EVOLUÇÃO DO UNIVERSO

Objetos de conhecimento	Objetivos de aprendizagem e desenvolvimento	Metas referentes aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS)
Modelos cosmológicos	<p>(EM03FIS01) Comparar modelos explicativos sobre a origem e constituição do Universo em diferentes épocas e culturas, incluindo o sistema solar;</p> <p>(EM03FIS02) Ser capaz de expressar características do Universo usando diferentes unidades de medida, como ano-luz, parsec e comparar com as unidades usadas na superfície terrestre;</p> <p>(EM03FIS03) Modelar as interações astronômicas a partir da atração gravitacional e descrever os movimentos dos corpos celestes, como cometas, planetas, galáxias, entre outros;</p> <p>(EM03FIS04) Usar representações matemáticas e computacionais para modelar e prever o movimento de objetos orbitando no sistema solar, incluindo-se o satélite natural e os satélites artificiais que orbitam a Terra.</p>	 <p>As metas 4-1 e 4-7 são representadas por ícones em um fundo verde. A meta 4-1 mostra um ícone de uma escola com o texto 'META 4-1' e 'ENSINOS PRIMÁRIOS E SECUNDÁRIOS LIVRES, EQUITATIVOS E DE QUALIDADE'. A meta 4-7 mostra um ícone de um livro aberto com o texto 'META 4-7' e 'EDUCAÇÃO UNIVERSAL PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL, PARA A CIDADANIA GLOBAL E PARA A VALORIZAÇÃO DA CULTURA'.</p>
Formação e evolução das estrelas	<p>(EM03FIS05) Identificar e classificar as estrelas de diferentes dimensões, desenvolvendo um modelo de evolução baseado em evidências que tenham as reações nucleares de fusão como base e descrever o ciclo evolutivo por meio de características, como massa, brilho, tipo de luz emitida;</p> <p>(EM03FIS06) Problematicar a estabilidade do Sol baseando-se em evidências e ilustrar o seu ciclo de vida e seu estágio atual, interpretando o padrão de radiação luminosa que chega à Terra e prevendo seu comportamento futuro;</p> <p>(EM03FIS07) Problematicar a origem dos elementos químicos e produzir um modelo sobre a maneira como as estrelas, ao longo de seu ciclo de vida, produzem desde o hidrogênio em nuvem de estrelas até ao ferro em supernovas;</p> <p>(EM03FIS08) Problematicar a exploração do cosmos a partir de análises relacionadas aos contextos históricos, políticos e socioculturais, como a corrida espacial, a guerra fria e a disputa política e econômica entre nações.</p>	 <p>As metas 4-1 e 4-7 são representadas por ícones em um fundo verde. A meta 4-1 mostra um ícone de uma escola com o texto 'META 4-1' e 'ENSINOS PRIMÁRIOS E SECUNDÁRIOS LIVRES, EQUITATIVOS E DE QUALIDADE'. A meta 4-7 mostra um ícone de um livro aberto com o texto 'META 4-7' e 'EDUCAÇÃO UNIVERSAL PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL, PARA A CIDADANIA GLOBAL E PARA A VALORIZAÇÃO DA CULTURA'.</p>
Interação matéria Radiação	<p>(EM03FIS09) Reconhecer as radiações eletromagnéticas, como o infravermelho, luz visível, ultravioleta, raios X e gama, encontradas no cotidiano individual e coletivo, na indústria e nos serviços, investigando fontes e tipos de uso e modos de detecção em função de sua frequência, energia e comprimento de onda;</p> <p>(EM03FIS10) Interpretar e produzir textos fazendo uso de unidades científicas, como Hertz elétron-volts, sievert ou magaton, para expressar grandezas que caracterizam radiações e outros aspectos e processos do âmbito atômico e nuclear;</p> <p>(EM03FIS11) Problematicar a origem de materiais radioativos a partir de propriedades atômicas e desenvolver modelo sobre a estabilidade do núcleo atômico, explicando a fissão nuclear, os processos de decaimento e a radiação ionizante.</p>	 <p>As metas 4-1 e 4-7 são representadas por ícones em um fundo verde. A meta 4-1 mostra um ícone de uma escola com o texto 'META 4-1' e 'ENSINOS PRIMÁRIOS E SECUNDÁRIOS LIVRES, EQUITATIVOS E DE QUALIDADE'. A meta 4-7 mostra um ícone de um livro aberto com o texto 'META 4-7' e 'EDUCAÇÃO UNIVERSAL PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL, PARA A CIDADANIA GLOBAL E PARA A VALORIZAÇÃO DA CULTURA'.</p>

ENSINAR E APRENDER QUÍMICA NO ENSINO MÉDIO

Introdução

Nos últimos 30 anos, a Educação em Química tem sido influenciada pelas intensas transformações dos cenários nacional e internacional. Um pano de fundo geracional e mundial são as transformações mediadas pelas tecnologias digitais, sobretudo a partir do advento da versão gráfica da internet. Conhecida como *World Wide Web*, essa interface migrou para sistemas operacionais de uso massivo, a partir de 1995, constituindo-se em um novo meio para produção e acesso ao conhecimento. Conforme temos observado desde o início dos anos 1990, essa revolução nos meios de comunicação tem afetado progressiva e irreversivelmente as formas de produzir conhecimento tanto no âmbito das pesquisas em Química, como nos processos de ensino e aprendizagem escolar (GIORDAN, 2008).

No cenário brasileiro da Educação em Química, a Lei de Diretrizes e Bases da Educação - LDB, as matrizes de avaliação do Exame Nacional de Ensino Médio - ENEM, em especial as Diretrizes Curriculares Nacionais - DCNs da área (ZUCCO *et al.*, 1999), e mais recentemente as reformas do Ensino Médio (BRASIL, 2017a) e a Base Nacional Comum Curricular - BNCC (BRASIL, 2017b) têm provocado intensas mudanças nos processos de gestão, criação e desenvolvimento curricular. A formação para a cidadania, para o mundo do trabalho e para viver em um planeta sustentável, aliada às dimensões contextual e interdisciplinar sobre a concepção de conhecimento, formas de organização do ensino e processos de desenvolvimento e aprendizagem têm sido princípios direcionadores desses processos. Diversos autores do campo têm contribuído com a formação de professores (MALDANER, 2000), linguagem e formação de conceitos (MORTIMER, 2000; MACHADO, 1999), relações Ciência-Tecnologia-Sociedade (SANTOS; SCHNETZLER, 2000), alfabetização científica (CHASSOT, 2018), currículo (LOPES, 1999), tecnologias digitais (GIORDAN, 2008), entre outros temas reunidos em coletâneas (ECHEVERRÍA; ZANON, 2016; MALDANER *et al.*, 2019; ROSA; ROSSI, 2012).

Ainda que esse cenário seja decorrente de reformas neoliberais hegemônicas conduzidas em diversos países, uma característica positiva delas é a constatação do progressivo aumento de conteúdos ditos centrais para a enculturação do aluno nas práticas e áreas de conhecimento da Química. Em face das transformações no mundo do trabalho, que exigem atualização contínua e cada vez mais autônoma do sujeito, tem-se estabelecido um suposto consenso sobre a necessidade de pautar as propostas didáticas com base em conceitos estruturantes, ou seja, conceitos por meio dos quais é tecida a maior parte das relações epistêmicas na rede de conhecimento da área. Tais redes compõem a tessitura curricular e vão orientar o que se denomina Química Escolar.

O que é a Química afinal como campo de conhecimento disciplinar? Certamente, em sua constituição na esfera escolar, há influências marcantes dos traços mais característicos da esfera científica, como tam-

bém há influências da esfera industrial e de outras esferas da cultura humana, como povos originários, artesãos etc. Aqui, fazemos a escolha da esfera científica por encontrarmos nela um lócus fértil para a discussão e construção crítica do currículo. A partir de uma curta digressão histórica sobre um par de conceitos estruturantes, propomos a orientação dos estudos da Química no Ensino Médio, no sentido de contemplar um conjunto de objetos de conhecimento e objetivos de aprendizagem de formação geral orientados pela BNCC, de modo a argumentar por um currículo crítico e emancipador, centrado na apropriação de conceitos estruturantes e nos modos de agir e comunicar da linguagem química.

Antoine Lavoisier (1743-1794), em seu Discurso Preliminar do Tratado Elementar de Química (LAVOISIER, 2005), expõe uma visão de Ciência que, passando por um processo revolucionário, assim como a França onde ele vivia, pode nos fornecer a exata medida do que tenha prevalecido centralmente na elaboração da sua obra. Inicialmente, ele nos informa ter acreditado estar apenas a aperfeiçoar a “linguagem” da Química, que deveria ser substrato para uma forma de ensino menos hermética e também mais racional, da qual pudessem os estudantes extrair princípios dos elementos e das transformações da matéria. Ao longo do Discurso Preliminar, Lavoisier insiste em várias passagens sobre a necessidade de reformar a linguagem da Química para que ela própria, a Ciência, pudesse ser reformada, especialmente quando afirma, “não se pode melhorar a linguagem sem aperfeiçoar a ciência, nem a ciência sem a linguagem” (p. 17).

O pragmatismo de Lavoisier – qualidade de muitos químicos – em produzir uma obra elementar para iniciantes não o impediu de ter em consideração uma “lei rigorosa”, “a que trata das afinidades químicas ou atrações eletivas” (p. 19), ainda que não a tenha fundamentado explicitamente no texto. Temos aqui os primórdios do que chamamos hoje de “ligação química”, reconhecida não como lei, mas como um conceito central na constituição do pensamento químico. A afinidade foi por mais de um século após a publicação do Tratado utilizada com o sentido próprio de atração entre partes que formam um sistema, não apenas para calcular propriedades de substâncias e reações, mas também como esquema hermenêutico para explicar observações e sugerir hipóteses sobre o comportamento da matéria. Ainda hoje, o termo afinidade é usado na definição de grandezas físico-químicas.

Tendo em vista o atual cenário do ensino de Química, permeado pela revolução digital e por um intenso debate sobre reestruturação curricular no Ensino Médio, sugerimos os conceitos de ligação e linguagem química, os quais serão discutidos a seguir, no sentido de orientar, do ponto de vista da esfera científica, a construção do currículo de Química da Cidade de São Paulo. Os desdobramentos dessa discussão serão articulados em uma terceira seção com aspectos da linguagem, comunicação e atividades da sala de aula de Química, também com o propósito de subsidiar a proposição de objetos de conhecimento e objetivos de aprendizagem em acordo com a perspectiva de problematização anunciada no documento de introdução da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias.

A ligação química

A Química ocupa-se das propriedades, transformações e estrutura dos materiais e ganhou estatuto de Ciência a partir da publicação do Tratado Elementar de Química. O principal mérito de Lavoisier foi o desenvolvimento de técnicas sofisticadas de medidas de massa das substâncias, o que o levou a propor

que “em todas as operações da Arte³ e da natureza nada é criado; existe uma quantidade igual de matéria antes e depois do experimento” (LAVOISIER, 2005, p. 15). Esse aforismo é universalmente aceito, e citado com outras palavras, como a pedra angular da fundação da Química moderna.

Em suas explicações iniciais sobre o comportamento das substâncias quando submetidas a variações de temperatura, Lavoisier empregou os conceitos de calórico, atração e pressão atmosférica. Seriam essas as forças responsáveis por mantê-las nos estados de agregação conhecidos: sólido, líquido e gasoso. No estado sólido, prevalecem as forças de atração, e no gasoso prevalecem as repulsivas. Para explicar a formação do estado líquido, atribuía-se à pressão atmosférica a função de evitar que as moléculas se dispersassem.

Ao calórico foi designado um caráter repulsivo que se opunha ao atrativo, este devido à afinidade química entre as moléculas. A “matéria do calor”, o calórico, ainda que não tivesse sua massa medida, era considerada uma hipótese necessária para explicar o comportamento da matéria, conforme Lavoisier:

É difícil conceber esses fenômenos sem admitir que eles são o efeito de uma substância real e material, de um fluido muito sutil que se insinua entre as moléculas de todos os corpos e que os separa: e supondo mesmo a existência desse fluido fosse uma hipótese, explica de maneira muito bem sucedida os fenômenos da natureza. (2005, p. 30)

Nota-se, portanto, a germinação de uma ideia basilar a envolver a interação entre as partes menores, desde então já chamadas moléculas, que seria responsável por explicar propriedades e transformações das substâncias. Essa interação teria, portanto, qualidades atrativa (de afinidade), repulsiva (calórico) e de “equilíbrio” (pressão). Naquela época, essas propriedades das substâncias eram indiretamente mensuradas por meio das quantidades de calor e matéria envolvidas nos fenômenos. Dessa forma, verifica-se também uma atenção especial sobre os efeitos das variações de energia ou calor em sistemas de interesse químico.

A perspectiva energética, centrada à época no conceito de calórico, já trazia a concepção de formas específicas de ligação entre as partes menores que formam as substâncias. Ainda hoje, muitas medidas termoquímicas de sistemas fornecem dados confiáveis sobre a energia de ligações químicas, especialmente em compostos organometálicos e inorgânicos. Pela termodinâmica, pode-se estimar a energia envolvida nas ligações químicas utilizando-se a Lei de Hess, que parte do princípio da independência da variação da energia envolvida entre dois estados em relação ao caminho percorrido entre eles. Ou seja, quaisquer que sejam as etapas de uma transformação química, a variação de energia nela envolvida depende exclusivamente do estado inicial e final da reação. Portanto, na perspectiva energética, os fatos associados à ligação química são devido aos fatos associados à variação de energia entre estados moleculares ou intermoleculares (HENDRY, 2008).

Uma outra perspectiva importante para a construção do conceito de ligação química é a estruturalista. Nela, a atenção volta-se para a forma como estão arranjadas as partes menores que constituem a matéria, em detrimento das variações energéticas. Essa perspectiva foi largamente desenvolvida no âmbito da Química Orgânica, que, no primeiro quartil do século XIX, já havia superado o princípio da força vital, por meio da síntese artificial da ureia. Reações de substituição envolvendo compostos simples de carbono eram explicadas pela preservação das “unidades de valência”, ou seja, os elementos seriam dotados de unidades de valência, que seriam mobilizadas na formação das ligações químicas (ARAÚJO-NETO,

3

O sentido de Arte refere-se às técnicas empregadas na transformação artificial da matéria.

2007). Elementos como hidrogênio e cloro possuíam uma unidade de valência, enquanto oxigênio teria duas, nitrogênio três e carbono quatro. As ligações entre esses elementos eram compreendidas como uma consequência de suas valências e, portanto, a ligação química era tida como uma propriedade relacional, decorrente da combinação da valência dos elementos.

As unidades de valência eram observadas por meio de reações, e sua conservação era tomada como um postulado. Em vista de uma expressiva quantidade de compostos sintetizados – frutos da consolidação do programa de pesquisa sobre pesos atômicos e do interesse da indústria de transformação da matéria –, observar a conservação, regularidade e transposição das unidades de valência influenciou decisivamente a atividade do químico, no sentido de tomá-la como um conceito-chave não apenas para explicar, mas também para propor novas sínteses. É importante ressaltar um aspecto que nos será útil adiante: paralelamente à proposição e aplicação do conceito de valência, o programa de pesquisa da síntese orgânica desenvolveu um poderoso sistema de signos para representar o que conhecemos hoje como estrutura dos compostos (ARAÚJO-NETO, 2007).

Esse sistema semiótico, originado nos trabalhos de John Dalton (1766-1844) no início do século XIX, foi e tem sido fundamental para o desenvolvimento da Química e para a construção do conceito de ligação química, sobretudo após a caracterização do elétron como partícula subatômica. De fato, a influência da Mecânica Quântica sobre a Química tem tido destaque na Filosofia da Química, a ponto de o tema do reducionismo⁴ ainda ser debatido na área (SCERRI, 2007). Um novo conjunto de ferramentas teóricas, sobretudo de caráter algébrico na forma de equações, operadores, matrizes etc., entrou em cena para interpretar os fenômenos submicroscópicos. Sob a influência da Mecânica Quântica, a interação entre as partes menores que formam os materiais toma em consideração efeitos provocados por cargas em campos eletromagnéticos, energias cinética e potencial, spin e outros fatores que levaram ao desenvolvimento de uma nova área, a Química Quântica, cujos aportes são fundamentais para a proposição do conceito contemporâneo de ligação química.

Nessa área emergente na primeira metade do século XX, um novo sistema semiótico de natureza algébrica se incorporou paulatinamente às formas de representação dos sistemas moleculares, sem deixar de considerar a base empírica do conhecimento químico. Desde o início dos estudos, os sistemas formados por mais de duas partículas, por exemplo, a molécula de H₂, foram tratados a partir de aproximações, em razão de não se conhecer soluções analíticas para sistemas com três ou mais partículas. Dessa forma, boa parte das teorias e modelos desenvolvidos desde então busca o compromisso entre o formalismo da Química Quântica e as medidas experimentais, fundamentalmente derivadas dos estudos espectroscópicos, que tratam de interações entre a luz e a matéria.

O formalismo da Química Quântica encontrou ressonância especialmente na teoria de valência dos elementos. A solução da equação de Schrödinger⁵ para sistemas simples, com as devidas aproximações como Born-Oppenheimer⁶, levou à caracterização de estados energéticos e estruturais, relacionando a distribuição dos elétrons à posição dos núcleos atômicos. Dessa forma, a valência unitária do hidrogênio pôde ser interpretada como decorrente da presença de um elétron em uma região específica, denomi-

4 Sinteticamente, o reducionismo é um campo de estudo que busca demonstrar a redução dos fenômenos químicos ao âmbito das teorias modernas da Física, especialmente a Mecânica Quântica e a Termodinâmica Estatística.

5 Esta equação é definida pela aplicação do operador de energia cinética e potencial (H) sobre a função de onda do sistema. (Ψ) A solução da equação fornece valores de energia (autovalores, ϵ) e funções de onda orbitais (autovetores).

$$H\Psi = \epsilon\Psi$$

6 Nesta aproximação, a posição dos núcleos atômicos não varia ao longo do tempo e não sofre influência do movimento dos elétrons.

nada orbital. Ainda que os sentidos originários de valência e orbital sejam incompatíveis, o primeiro decorrente de observações experimentais e o segundo associado à função de onda do elétron, as primeiras proposições relacionaram a ligação química a uma combinação de valências devidas às funções de onda. Assim, o conceito de ligação química passou a ser associado à combinação de duas valências de elementos distintos, que tem seu equivalente à combinação de dois orbitais atômicos distintos. Para estabelecer a equivalência entre os conceitos, bastou associar a valência ao elétron para que a “ligação covalente” fosse definida como a região entre os núcleos ocupada por um par de elétrons.

De certa forma, a perspectiva eletrônica da ligação química procura conciliar as perspectivas energética e estrutural, na medida em que os resultados dos cálculos teóricos, obtidos por meio de modelos e aproximações, fornecem soluções para os estados de energia e para o arranjo molecular. Nesse sentido, aproximações a partir de primeiros princípios têm interpretado satisfatoriamente observações experimentais, de tal modo que alguns grupos de pesquisa têm extrapolado limites ontológicos a que essas aproximações estão circunscritas e têm sugerido a caracterização da ligação química como um observável visual por meio de fotografias de microscopia eletrônica (ZUO *et al.*, 1999).

No entanto, do ponto de vista da Química Quântica, o orbital não pode ser definido como uma região no espaço, mas sim como uma função, e os elétrons associados à ligação não se restringem à região entre os átomos; eles estão distribuídos, ainda que a região mais provável para sua localização esteja entre os átomos ligantes (SANTOS-FILHO, 2007). Na perspectiva contemporânea sustentada pela Química Quântica, a ligação química tem um caráter interacional entre partículas dotadas de cargas. Essas partículas se restringem a elétrons e prótons, mas se referem também a outros arranjos e agrupamentos nos planos molecular, cristalográfico, magnético etc. A natureza interacional da ligação química permanece, portanto, como uma qualidade ontológica marcante, mas ganha a qualidade de ser distribuída em um sistema e não ser apenas relativa a uma interação local.

Tratar a ligação química como um modelo que se posiciona entre o empírico e o teórico é muito apropriado para a formação do pensamento químico. A ligação química é central na Química não apenas por ser base para formar redes conceituais, como se tem observado ao longo da história, mas fundamentalmente por ser uma ferramenta hermenêutica eficaz para levar estudantes à compreensão dos fenômenos da transformação da matéria, especialmente quando sua modelização decorre da resolução de problemas. A construção de representações da ligação química pode ser solução para problemas construídos na relação entre o macroscópico e o submicroscópico, o que torna seu ensino objeto de atividades estruturadoras do pensamento químico.

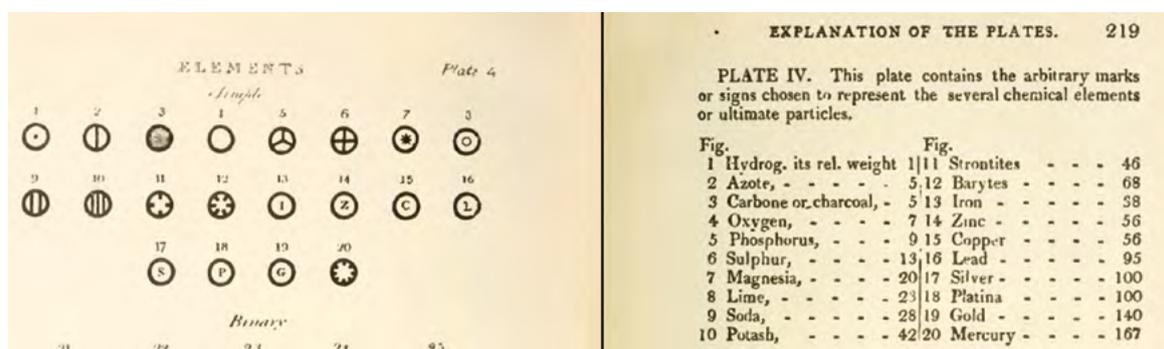
Da linguagem química

Conforme mencionado anteriormente, Lavoisier tomava como projeto de fundo em sua obra reformar a linguagem empregada pelos químicos, que, à época, ainda era fortemente influenciada pela alquimia. Sua maior preocupação estava na nomenclatura das substâncias para a qual ele buscou desenvolver um sistema unívoco e racional, para substituir o pluralismo terminológico e fortemente afetado pelos sentidos olfativo, tátil, gustativo e visual que impregnavam a linguagem alquímica. Lavoisier foi influenciado por enciclopedistas, seus contemporâneos, e também pelas ideias de Condillac, para quem a “arte de raciocinar se reduz a uma linguagem bem-feita” (*apud* LAVOISIER, 2005, p. 17). Vemos aqui pensamento e linguagem serem alçados a uma posição central na concepção de ciência de um dos fundadores da Química moderna.

Outra contribuição seminal ao desenvolvimento da Química é devida a John Dalton, químico inglês influenciado pelo pensamento newtoniano. A visão newtoniana de matéria considerava-a constituída por partículas arranjadas em ordem e hierarquia (VIANA; PORTO, 2007). As chamadas “partículas últimas” eram as menores e seu arranjo daria origem às partículas de “primeira composição”, as quais arranjadas dariam origem às de “segunda composição”. Sob a influência do pensamento corpuscular, Dalton realizou experimentos de determinação de massas atômicas em estudos sobre a composição da atmosfera. Para determinar as massas atômicas relativas, foi necessário desenvolver um modelo para explicar as combinações entre as partículas, que deu origem ao chamado modelo atômico de Dalton.

Além de técnicas para medições precisas e de um sistema de pesos atômicos relativos, outra contribuição original de Dalton foi a proposição de um sistema representacional para os átomos, baseado em símbolos e elementos gráficos, conforme indicado na Figura 1.

Figura 1: Prancha 4 extraída de *New System of Chemical Philosophy*.



Conforme pode ser observado na Figura 1, são representados 20 elementos ou partículas últimas, por meio de signos que combinam arbitrariamente círculos, traços e pontos com letras. Na tabela ao lado das representações, estão listadas as massas relativas dos elementos, tendo o hidrogênio valor unitário.

Dalton propôs uma nova forma de referência às substâncias químicas que aprofundava a proposta de Lavoisier para reformar a linguagem química, extrapolando o caráter unívoco e generalizante da palavra para uma racionalidade assentada em elementos gráficos. Inicia-se assim outra etapa de construção da linguagem química, na qual se busca a simplificação do registro por meio de um “híbrido” de signos icônicos e simbólicos. Podemos inferir que, desse ponto em diante, o pensamento químico inicia uma nova fase da criação simbólica de seus elementos, diferente da alquimia, fundamentalmente por ter produzido ferramentas capazes de controlar precisamente as quantidades dos componentes da transformação da matéria. A síntese de novas substâncias transborda a racionalidade prática de suas combinações e propriedades pelos sentidos dos apostos ou da complementaridade, e incorpora a racionalidade de uma nova construção simbólica, uma nova linguagem, cujos signos estão impregnados de um sentido numérico de proporcionalidade.

Trata-se de um avanço formidável em direção a uma racionalidade que concilia o empírico das medidas, a generalização de leis e modelos, com formas de registro que buscavam eliminar a influência sensitiva e mágica da linguagem alquímica. De acordo com Pierre Laszlo, se Lavoisier se dedicou a reformar o léxico, Dalton contribuiu para a construção de uma espécie de alfabeto da linguagem (LASZLO, 1995). Este

alfabeto foi e tem sido necessário para registrar um pensamento analítico sobre a composição química, e sua manipulação tem servido para desenvolver novos materiais e processos.

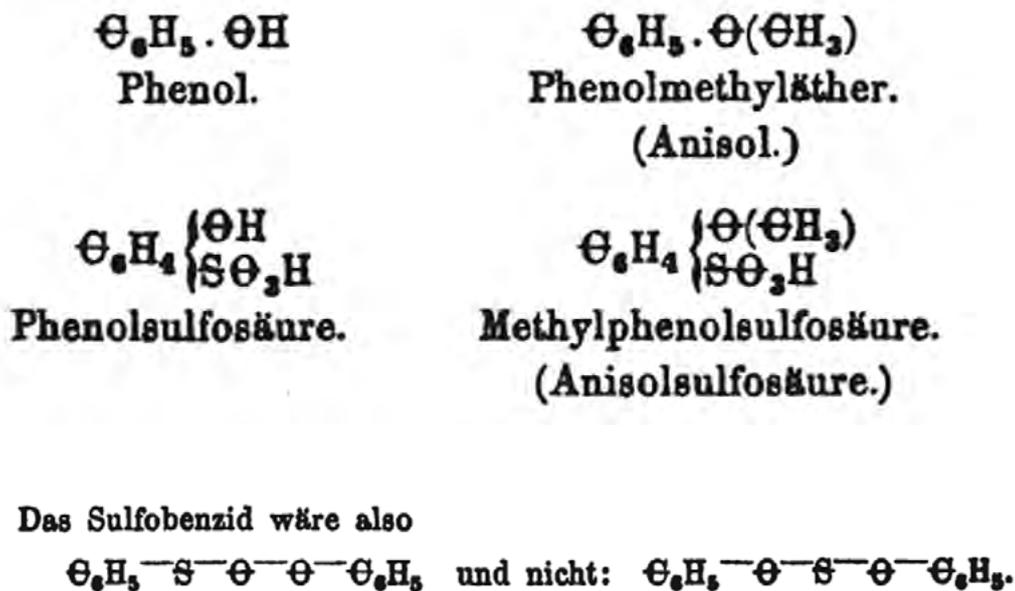
Não apenas a ruptura epistemológica propiciada por novas formas de representação estava em curso, mas também uma ruptura ontológica que aproximava a Química de uma perspectiva corpuscular, que buscava caracterizar os “elementos últimos” em termos de entidades físicas dotadas de massa, volume e topologia, em lugar das sensibilidades que sustentavam a alquimia. No entanto, levou-se quase um século para os químicos aceitarem as propriedades geométricas das entidades submicroscópicas, e muitas pequenas revoluções, todas lastreadas em dados empíricos, foram necessárias.

Em uma delas, os protagonistas atuavam na Química Orgânica em sínteses a envolver o átomo de carbono. Conhecia-se a propriedade tetravalente desse elemento e a grande quantidade de substâncias e variedade de suas propriedades causavam um verdadeiro caos representacional na área. Não era possível distinguir compostos diferentes com a nomenclatura da época. Fenômenos como a estabilidade do benzeno e os padrões de cristalização de substâncias de mesma composição elementar não tinham interpretação condizente com os modelos conhecidos. A partir do início da segunda metade do século XIX, paulatinamente, os modelos explicativos começaram a incorporar outros elementos gráficos com o intuito de representar as valências dos elementos, muitas vezes lançando mão de hipóteses *ad-hoc* que não contavam com lastro empírico.

Um caso interessante na história da Química ilustra o papel que jogam as formas de representação molecular, especificamente o benzeno, no pensamento químico. Em meio ao desenvolvimento da teoria de valência, conforme mencionado, verificou-se uma busca criativa por formas representacionais que caracterizassem a dimensão espacial do objeto molecular. O benzeno tem um comportamento especialmente estável e sua composição elementar, C_6H_6 , indicava variação da valência do carbono e presença de insaturações, caracterizadas por reações de substituição com custo energético incomum. De certa forma, a estabilidade energética do benzeno também se constituía em um problema representacional, pois era necessário propor uma única forma de combinação que caracterizasse as propriedades de uma única substância.

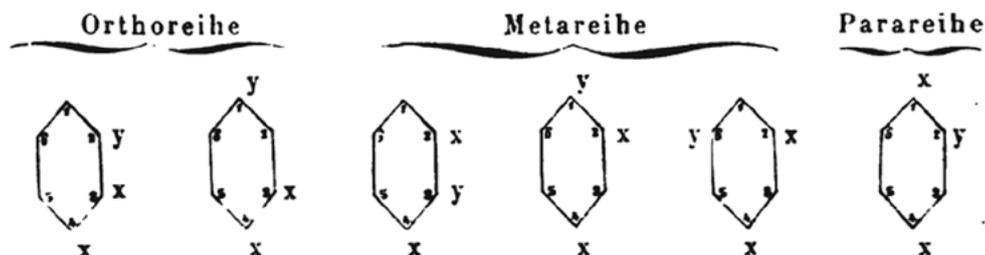
As primeiras tentativas já trabalhavam com o conceito de cadeia carbônica, unidas por unidades de valência de dois carbonos, e adotaram um signo com alto grau de simplificação, o traço. Outros elementos gráficos comuns eram o ponto e a chave, que sinalizavam a presença de um grupo com propriedades químicas específicas. Com elas apostava-se em algum nível de relação entre o arranjo dos elementos no espaço, portanto sua natureza física ou corpuscular, e a atividade das substâncias, sua natureza química. As figuras a seguir, extraídas do Livro da Química Orgânica de autoria de August Kekulé (1829-1896), contêm alguns dos elementos representacionais. Nelas pode-se observar a possibilidade de diferenciar substâncias de mesma composição (isômeros) por meio das posições relativas entre os átomos, ou seja, por meio do arranjo molecular. À época, essas representações eram chamadas de fórmulas racionais, tendo sido Kekulé o primeiro químico a propor uma fórmula racional formada apenas por traços e pontos, sem a presença dos símbolos atômicos.

Figura 2: Fórmulas racionais extraídas de *Lehrbuch der Organischen Chemie*.



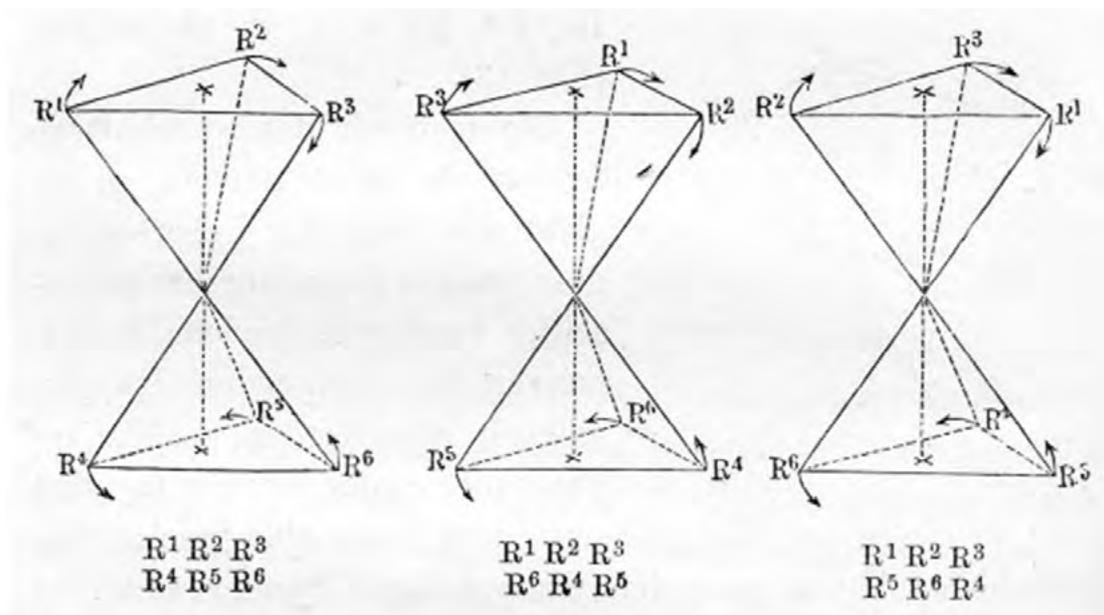
608

Einbasische aromatische Säuren.



Outros estudos importantes devidos aos franceses Joseph Le Bel (1847-1930) e Louis Pasteur (1822-1895) e ao holandês Jacobus Van't Hoff (1852-1911), simultâneos aos trabalhos do alemão Kekulé, introduziram proposições sobre o arranjo espacial do átomo de carbono, cujas quatro valências puderam então ser associadas às direções dos vértices de um tetraedro. Esses estudos lidavam com um tipo especial de isômeros, os estereoisômeros, que, além da mesma composição elementar, eram constituídos por átomos de carbono ligados a quatro grupos diferentes. O carbono tetraédrico foi um passo criativo e audacioso para interpretar a assimetria de cristais de diferentes estereoisômeros, ao mesmo tempo que reforçava a perspectiva corpuscular da matéria, dessa vez relacionando o arranjo molecular à geometria espacial.

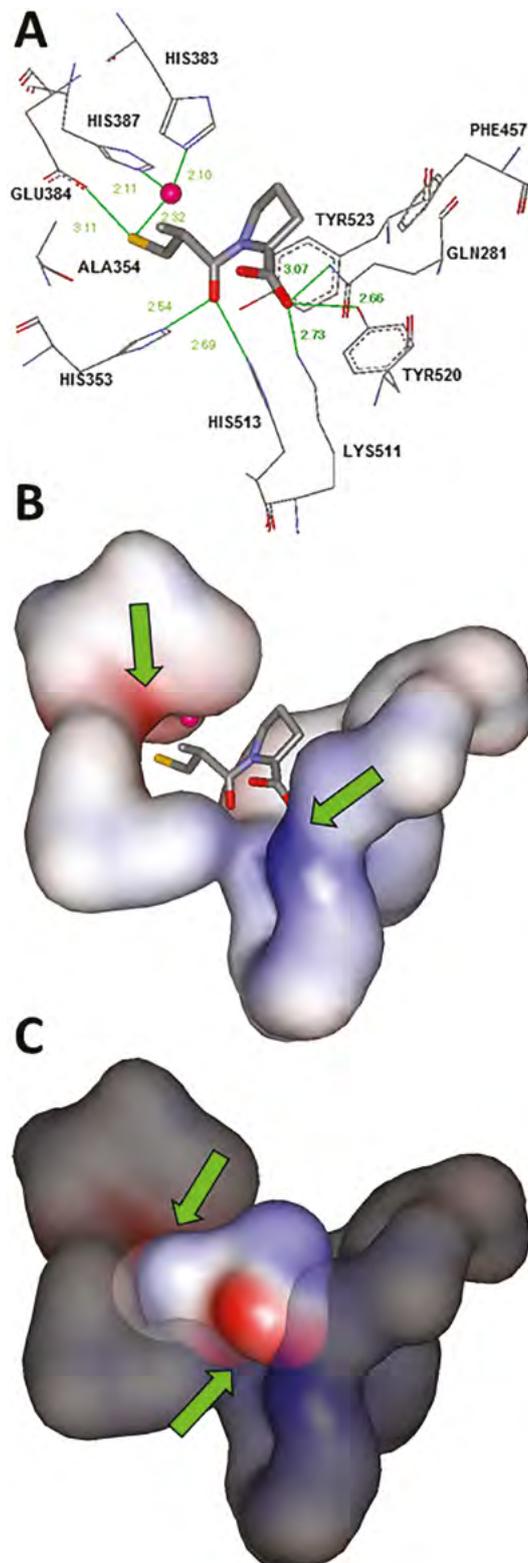
Figura 3: Representação da estereoquímica do etano sugerida por Van't Hoff.



No entanto, a Estereoquímica, dedicada ao estudo da espacialidade dos compostos, não foi um campo de estudo facilmente aceito entre os químicos. Por muitos anos, polemizou-se sobre a natureza dos arranjos espaciais e das fórmulas racionais, em razão das propriedades física e química dos objetos moleculares. Bem antes da polêmica se resolver, inaugurou-se uma nova fronteira para a ciência com a observação do elétron. Simultaneamente, os estudos sobre a luz e sua interação com a matéria reforçavam programas de pesquisa que atuavam em nível subatômico. Nessa seara, não há dúvidas sobre a influência da Mecânica Quântica no desenvolvimento de teorias e modelos atualmente em disputa na solução dos problemas relacionados à transformação da matéria.

Conforme já destacado, a ligação química incorporou um sentido algébrico, como combinação de funções de onda, o que também patrocinou uma revolução silenciosa na linguagem da Química. Além do formalismo quântico e matricial ter sido incorporado aos conceitos fundamentais, os novos programas de pesquisa passaram a calcular propriedades eletrônicas relacionadas ao comportamento do próprio ente molecular. Apesar de essas propriedades estarem associadas a efeitos não locais do movimento eletrônico, muitas delas podem ser representadas por meio de densidades e distribuições de probabilidade em escalas de cor, o que confere uma qualidade estética bastante interessante a essas representações estruturais.

Figura 4: Representações de interação enzima (ECA) - substrato (captropil) com indicações de densidade eletrônica.



Antes de seguirmos adiante com a discussão sobre a linguagem química, é necessário indicar que o computador impulsionou diversos programas de pesquisa na Química, em particular as simulações de sistemas. Teorias e métodos da Química Quântica têm repercutido em aplicações computacionais como um desdobramento natural. As simulações, cujos resultados são massivamente obtidos de cálculos que consomem alta quantidade de memória e dias de processadores ligados em cluster, sobretudo aquelas que estudam efeitos dinâmicos, de variação no tempo, são poderosas ferramentas de pensamento da Química contemporânea.

Estamos diante de um cenário em que propriedades de materiais podem ser desenhadas em dimensões nanoscópicas, drogas podem ter seus efeitos multiplicados em terceira potência e podem ocorrer muitos outros fenômenos de interesse de diversos ramos de cadeias produtivas extremamente vastas. O mundo submicroscópico, devidamente encenado e simulado, e suas ferramentas de representação oferecem formas inusitadas de transformar a matéria e, por isso, também, de representá-la. Este é um elo importante com a revolução digital. A possibilidade de estudar produtos e processos relacionados ao ente molecular, por meio de simulações e representações digitais, tem permitido endereçar questões que podem não apenas consolidar áreas de conhecimento da Química, como eventualmente criar programas de pesquisa.

O aprendiz da Química ainda se interessa pelo cadinho, pelos humores e fumos da reação. No entanto, é evidente que as representações submicroscópicas e seus apelos imagéticos têm alto potencial de influência sobre o interesse pela Química nos dias atuais. A manipulação não está apenas no campo da experiência sensitiva do laboratório, ela está virtualmente presente no mouse que altera o objeto molecular na tela, ou está “concretamente” visível nos “modelos de plástico”.

A simbologia química, ou de forma mais ampliada a linguagem química, é constituída na interface do mundo material, sensível, sujeito a medidas e observações e ao mundo das teorias e modelos. O signo é um meio, uma ferramenta, que opera tanto no mundo material como no mundo das ideias. Dentre muitas questões inerentes à essa interface habitada pelo signo que poderia alimentar o debate sobre o currículo de Química, encontra-se o papel da balança no desenvolvimento da linguagem química, que, de certa forma, incorporou nova qualidade aos signos, por exemplo, em termos da objetividade e da precisão da medida e do controle das propriedades da matéria.

Provavelmente, uma nova racionalidade surgia em um ambiente de inovações e desafios lançados pelo Iluminismo sobre a Química. O controle dos processos, feito por instrumentos de maior precisão, exigiu maior objetividade na classificação das substâncias e suas propriedades, entre outras razões por ter destacado novas regularidades nas suas combinações. O princípio da simplificação, como regra de um jogo, ou de um sistema de atividades, também influenciou no desenvolvimento de um novo léxico da Química, conforme Lavoisier se propôs a fazer. Para uma nova racionalidade, foi necessário desenvolver uma nova linguagem da Química.

Talvez fosse essa ideia que Lavoisier tinha em mente quando escreveu seu Discurso Preliminar. Se essa é uma hipótese provável, então o uso da balança tipifica um sistema de atividades com características de uma revolução científica, sendo, portanto, um tema central para a formação do pensamento químico, especialmente, se nos debruçarmos sobre o Tratado Elementar de Química como um curso introdutório. De forma mais instigante e atual, a linguagem química, mediada por formas digitais de representação de sistemas simulados, merece destaque na formação do pensamento químico, principalmente se vislumbrarmos alguma forma de ruptura nos sistemas de produção de conhecimento com o advento das

tecnologias digitais. Ou seja, se temos indícios de transformações provocadas por tecnologias digitais nas formas de produção da Química, e talvez em sua racionalidade, é provável que a linguagem química, também mediada pelas tecnologias digitais, esteja a sofrer transformações importantes.

A comunicação, o pensamento e a linguagem química no Ensino Médio

A linguagem, por ser uma espécie de oficina da criação humana, de sua produção simbólica e material, deve ser levada ao centro das discussões sobre a formação do pensamento químico, como já argumentamos em razão de sua centralidade na constituição epistêmica e ontológica da área. Há ainda uma outra linha argumentativa que a legitima e justifica sua presença, sobretudo na escola. Por ser atividade de comunicação e cognição, a linguagem é o artefato cultural determinante da condição humana, de sua gênese, e não apenas da gênese do conhecimento (VIGOTSKI, 2001). Nos estudos sobre a sala de aula, temos como princípio que os sujeitos realizam atividades fundamentalmente com o uso de ferramentas culturais, tais como uma linguagem. No entanto, a própria concepção de linguagem necessita ser revista, pois lidamos com um outro “gênero” de atividade humana, aquele reconhecido como escolar. A química da sala de aula é escolar, e seu ensino e aprendizagem ocorrem em meio a “atividades discursivas”, mediadas por uma língua, por uma linguagem particular, conforme já apresentado, e também por outras linguagens.

A linguagem com sentido de atividade discursiva altera o foco sobre a linguagem química, especialmente quando se está diante de não iniciados. Se, para os químicos, há muitos sentidos históricos a impregnar uma representação molecular qualquer, a lógica da representação não está visível e nem é evidente ao aluno de Ensino Médio. É um erro buscar nas generalizações produzidas pela linguagem química os meios imediatos para ensinar química. Ensinar as regras de nomenclatura para ensinar a usar a linguagem química é uma fase tão avançada quanto ensinar regras sintáticas para quem aprende uma língua, ou seja, quanto mais aspirantes na cultura, menor a chance de atribuir significado a regras sintáticas. Se pensar quimicamente significa usar a linguagem química, então é preciso considerar esse uso em uma perspectiva de interação entre sujeitos, e não tão somente entre partículas. Este é o ponto de inflexão nos sentidos atribuídos à linguagem sob a perspectiva de seu desenvolvimento na história da Química e sob a perspectiva de sua gênese em sala de aula.

A linguagem química escolar está inscrita sobretudo em manuais didáticos fartamente analisados nas últimas décadas. Boa parte da base semiótica, da nomenclatura, dos esquemas, gráficos etc. desenvolvidos ao longo da história da Química estão expressos nesses manuais. No entanto, as formas de uso dessa linguagem não se esgotam naquelas ali disponíveis. É preciso considerar elementos primordiais no uso de signos em atividades discursivas e interativas, como a gesticulação, quando vários modos semióticos são postos em funcionamento. Esse é o caso da linguagem química, ou seja, seu vasto e variado repertório de signos leva seus usuários a mobilizar articuladamente a fala, a imagem, o gesto, o olhar, a simbologia para expressar e representar ideias. Essa característica multimodal da linguagem química tem sido investigada em diversas situações de sala de aula (QUADROS; GIORDAN, 2019; MORTIMER; QUADROS, 2018; GIORDAN *et al.*, 2015) e traz pontos de discussão importantes para a organização do currículo.

O desenvolvimento do pensamento químico na sala de aula do Ensino Médio pressupõe articular vários modos de comunicação que são expressos e representados por linguagens, outros sistemas semióticos

de significar e representar o mundo construídos em outras esferas da criação humana. Ou seja, a linguagem química articula-se a outras linguagens em um autêntico hibridismo característico da cultura escolar. Este é outro ponto de inflexão no debate sobre a construção curricular, e aqui nos alinhamos à perspectiva de tensão permanente entre pensamento e linguagem, tomando-os como construtos sociais, situados historicamente, por meio dos quais se constituem os sujeitos em processos fundamentalmente interativos. Portanto, além de ter características multimodais, a linguagem química escolar articula-se a outras linguagens para engendrar as atividades discursivas, práticas, interativas que servem para construir os problemas e os contextos para ensinar e aprender Química.

Uma das funções específicas da linguagem química escolar está na proposição e resolução de problemas por meio de instrumentos e conceitos próprios da cultura química escolar. A forma como é mobilizado o discurso e a interação entre professores e estudantes constitui diálogos mais ou menos participativos, abertos, complexos, que repercutem na orientação de temas e conteúdos para endereçar questões sobre problemas. Portanto, orientar o uso da linguagem química para a construção de problemas promove o desenvolvimento do pensamento crítico, na medida em que a participação dos estudantes, a complexidade da temática e a potência dos conteúdos forem orquestrados em atividades cujo objeto esteja codificado em um problema. Nessa aproximação, a problematização torna-se um movimento discursivo na sala de aula que mobiliza e produz sentido específico à linguagem química e, portanto, se constitui em um meio potente para desenvolver o pensamento, as práticas e valores da cultura química.

Outra especificidade da linguagem química diz respeito aos entes moleculares, suas formas de representação e os significados expressos por elas. Boa parte do discurso da sala de aula de Química faz referência às partículas, suas propriedades e interações. A posição relativa de átomos, a presença e a distribuição de cargas são representadas em imagens e esquemas, normalmente inscritos na lousa ou narrados pela fala do professor. Da mesma forma, é possível transferir aos estudantes as ferramentas representacionais, de modo a fazê-los se expressar por meio delas, observando se tratar de um processo inicial de inserção de um iniciante na cultura química, que precisa imprimir sentido empírico e teórico aos modelos. A construção de representações espaciais com modelos bola-vareta e computacional tem grande potencial para desenvolver o pensamento químico na medida em que são direcionadas a compreender e aplicar as regras de valência ou o próprio conceito de ligação química. Assim, trata-se de estabelecer vínculos entre conceitos e formas de representação, que, como vimos, são variadas, e designar funções representacional e ontológica específicas à linguagem química nas atividades de ensino.

As representações químicas apresentam grande variabilidade e buscam expressar propriedades empíricas do ente molecular. Desde a composição elementar, com o destaque para a carga parcial, as fórmulas moleculares (C_2H_6) incorporam noções importantes sobre as quantidades de matéria relativas aos elementos e são, portanto, necessárias para compreensão e operação com as equações químicas em problemas a envolver cálculos e balanceamento de massa. Uma variante da fórmula molecular (CH_3-CH_3) indica outro aspecto empírico, também de natureza composicional, desta feita com destaque para o agrupamento. Pode-se desdobrar a representação anterior para destacar quantidade e tipo de ligação química em problemas sobre cálculos de entalpia, ou ainda, expandi-la em projeções que mimetizam a tridimensionalidade e descrever a topologia da molécula em problemas de síntese orgânica. Outras formas de representação molecular usando esferas e bastões completam a diversidade, mas não esgotam a variabilidade de combinações possíveis.

Durante as fases iniciais do processo de domínio e uso da linguagem química, a apreensão do sentido geral da representação molecular deve ter destaque em detrimento das especificidades das regras de nomenclatura e das convenções, na direção de desenvolver um processo de letramento químico pela compreensão das funções da linguagem química na formação do pensamento. A diversidade das representações não deve ser elemento para contabilizar o conhecimento do estudantes sobre variações de um mesmo tema, mas deve ser mobilizada à medida que as propriedades que se deseja destacar estejam indicadas, expressas em um tipo específico de representação molecular. Dessa forma, busca-se impregnar de sentido empírico e também teórico as representações simbólicas à medida que palavras, gestos, imagens componham o discurso multimodal, no qual a linguagem química desempenhe função significativa, generalizante, na construção do pensamento.

Se estamos de acordo com a função significativa das representações químicas, e agora elucidamos sua diversidade e multimodalidade, é preciso considerar os processos de enculturação do jovem a partir de situações nas quais o uso das representações conheça fases introdutórias como a discussão sobre o próprio ato de representar. A construção de representações pode ser parte de um ensino que problematize as relações entre o fenômeno e os conceitos, ou seja, estabeleça uma conexão com funções explicativas e, portanto, significativas entre ambos. Em fases iniciais, a adesão a um novo sistema simbólico depende do valor que se atribui à sua potencialidade de mediar interações do estudante com seu entorno, o que implica a compreensão das relações fenômeno-conceito e também a comunicação entre estudantes e professor. Nesta fase, a valorização das funções representativa, significativa, e comunicativa da linguagem química deve ser posta a serviço da construção de problemas abrigados nos fundamentos do pensamento químico, ou seja, na fronteira entre as propriedades molares e moleculares da matéria. Por isso, modelar o comportamento da matéria por meio de representações deve ser objetivo recorrente do ensino de Química em suas fases iniciais.

A construção do conceito de transformação química passa pela modelização de uma ampla gama de fenômenos naturais e artificiais, reações químicas controladas por instrumentos e variáveis, cuja representação mais consagrada é a equação química. A elaboração de tabelas descritoras das propriedades dos sistemas antes e após alguma perturbação traz indícios de uma demarcação temporal e de estados, que são os primórdios da equação química. Identificar diferenças em propriedades de um sistema em dois estados e registrá-las em uma ferramenta de comunicação como a tabela é um ato de representação primordial da transformação química, ou protótipo da equação química.

De mesma função representacional, um conjunto de frases que descreva os estados inicial e final da palha de aço, antes e após sua queima, também serve de meio para descrever o fenômeno da combustão. Saber localizar nesse conjunto de frases as propriedades e componentes do estado inicial e final do sistema diz respeito a identificar e iniciar o processo de modelização da combustão. O próximo passo é sistematizar as propriedades e estados dos componentes em um esquema que introduz as ideias de reagente e produto, bem como de transformação. Entre a tabela e o esquema, passamos por uma fase narrativa intermediária, não necessária, mas importante para justificar a equivalência entre as representações e também suas propriedades representacionais.

É fato que a potência da linguagem química reside em sua síntese, na sua capacidade generalizante, o que deve ser destacado nas atividades de modelização da equação química. A força representativa das propriedades, estados e composição da matéria expressas nas fórmulas químicas deve ser empregada para legitimar o papel da linguagem química na construção do pensamento, o que exige uma capacidade

argumentativa do professor para relacionar as funções representativas e comunicativas da linguagem às quantidades matéria e proporções entre reagentes e produtos. O vínculo entre as quantidades molares e a composição molecular expresso na equação química é uma construção não apenas empírica, mas fundamentalmente representacional da relação fenômeno-teoria.

Resumidamente, é preciso indicar ao estudante a expressão da ideia de equação química nas diferentes formas em que ela se apresenta, simultaneamente às propriedades e conceitos específicos do fenômeno, de modo a conferir sentido às atividades de representação. Trata-se, portanto, de garantir a permanente reconstrução do conceito de equação química e tomá-lo como ferramenta de modelização, de comunicação e pensamento, ao longo da construção e resolução de diferentes problemas de interesse da Química, da Sociedade ou ainda que envolvam suas relações.

Na formação geral do pensamento químico, a linguagem química desempenha papel estruturante e estabelece tensões importantes na construção de conceitos e na organização do ensino. Saber usar a linguagem química com destreza e também com o intuito de planejar intervenções no mundo, o que chamamos apropriação, é um objetivo permanente e fundamental de aprendizagem e desenvolvimento que deve permear e entrelaçar as atividades de ensino ao longo de todo o Ensino Médio. Com a apropriação da linguagem química, que certamente ocorre em diversos níveis, o estudante terá suas formas de agir no mundo influenciadas por práticas, princípios e valores da cultura química escolar. Sinteticamente, as características e funções da linguagem química escolar estão imbricadas com as formas de como elas são mobilizadas, a fim de formar o pensamento, bem como são engendradas nas atividades de ensino, e por essa razão elas constituem a base da formação geral expressa nos objetos de conhecimentos e objetivos de aprendizagem e desenvolvimento da Química do Ensino Médio.

Objetos de Conhecimento e Objetivos de Aprendizagem e Desenvolvimento

Os Objetos de Conhecimento e Objetivos de Aprendizagem e Desenvolvimento foram organizados em quatro eixos correspondentes à formação geral no componente curricular de Química, tendo em vista seus aspectos fenomenológicos, teóricos e representacionais, com base no documento da Base Nacional Curricular Comum da área (BRASIL, 2017). Os eixos respondem à necessidade de organizar uma grande diversidade temática em um curto espaço de tempo, projetados para serem desenvolvidos, cada um deles, em uma hora por semana, em média, ao longo de cada ano.

No primeiro eixo, desenvolvem-se os conceitos basilares sobre propriedades, composição, transformação e modelos de partículas. Inicia-se pelo estudo dos estados de agregação, enfocando propriedades macroscópicas observáveis em estreita relação com o modelo cinético de partículas rígidas, com o intuito de vincular os fenômenos de mudança de estado à teoria cinética e a modelos representacionais. É indicado o trabalho com a diversidade de sistemas naturais e manufaturados, de modo a discutir nesses contextos a variação de propriedades e tipos de transformação, a partir de situações experimentais, e problematizar temas de amplo interesse para a sustentabilidade do planeta como o lixo urbano. Nesta primeira etapa de introdução à Química, indica-se tratar a combustão como sistema geral para caracterização da reação química, sobretudo pelo controle de variáveis em sistemas abertos e fechados.

O segundo eixo expande os sistemas de interesse, incorporando os fenômenos elétricos, modelos de partículas com cargas e o balanceamento de equações químicas para calcular quantidades de reagentes e produtos. O estudo da tabela periódica pode ser acompanhado pela discussão de controvérsias históricas acerca das propostas de organização dos elementos, bem como a partir de processos industriais sobretudo da mineração e das repercussões sociais e ambientais da construção e rompimento de barragens. Exemplos de cálculos de volume e massa podem ser tomados de situações cotidianas a envolver preparo de alimentos e também da produção de insumos para as indústrias de transformação. Nesta fase, o conceito de equação química como representação geral de processos de transformação da matéria é desenvolvido a partir de relações explicativas entre o comportamento da matéria e a teoria atômico molecular.

O terceiro eixo geral apresenta os processos cinéticos, térmicos, eletroquímicos e de equilíbrio químico com o objetivo de aprofundar a compreensão das relações entre as propriedades macroscópicas e submicroscópicas, introduzindo elementos algébricos para calcular e prever valores de concentração e estados dos sistemas. De amplo espectro de cobertura, os fenômenos relacionados a este eixo encontram repercussão em diversos sistemas de interesse biológico, ambiental, industrial, bem como em alterações na composição atmosférica responsáveis pela exacerbação do efeito estufa e pela depleção da camada de ozônio, fenômenos mundiais de grande interesse para o desenvolvimento sustentável.

O quarto eixo introduz os fenômenos da Química orgânica, buscando também relacionar os modelos representacionais de compostos e sistemas às propriedades e ao comportamento da matéria. A química da vida em seus múltiplos aspectos pode servir de esteio para desenvolver conceitos como funções orgânicas e isomeria a partir de temas, como alimentação, fármacos, agrotóxicos etc. Elementos introdutórios da bioquímica como a interação substrato-receptor, na forma de modelos de interação química, podem ser desenvolvidos como exemplos de expansão de conceitos relacionados à transformação e a propriedades da matéria. Da mesma forma, o estudo de macromoléculas sintéticas traz conexões com a atividade industrial e as questões ambientais de sustentabilidade das fontes de matéria-prima.

Além dos objetos de conhecimento e objetivos de aprendizagem e desenvolvimento, a área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias e o componente curricular de Química estão comprometidos com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável - ODS, os quais estão relacionados nos quadros de Objetivos de Desenvolvimento e Aprendizagem. Os objetivos e metas traçados respondem a uma gama de necessidades, incluindo educação, saúde, proteção social, proteção ambiental, oportunidades de trabalho, infraestrutura, energia e biodiversidade.

SÉRIE	EIXO CONCEITUAL	OBJETOS DE CONHECIMENTO
1ª	Propriedades e modelos descritivos da matéria e de suas transformações	Estados de agregação e modelos de partículas rígidas
		Composição da matéria e suas propriedades
		Propriedades da matéria e indícios de transformação química
	Propriedades e modelos quantitativos da matéria e de suas transformações	Introdução à ligação química
		Introdução à tabela periódica
		Cálculos químicos, quantidade de matéria e propriedades molares
2ª	Propriedades e modelos de velocidade, equilíbrio, calor e transferência de elétrons das transformações químicas	Velocidade das transformações
		Equilíbrio químico
		Termoquímica
		Eletroquímica
3ª	Propriedades, modelos e transformações dos materiais à base de carbono	Geometria de compostos à base de carbono
		Química do carbono em processos naturais e industriais

1ª SÉRIE

EIXO 1 – PROPRIEDADES E MODELOS DESCRITIVOS DA MATÉRIA E DE SUAS TRANSFORMAÇÕES

Objeto de Conhecimento	Objetivos de Aprendizagem e Desenvolvimento	Metas referentes aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS)
Estados de agregação e modelos de partículas rígidas	<p>(EM01Q01) Reconhecer as propriedades e interpretar os principais estados de agregação da matéria e suas transformações por meio de modelos cinéticos de partículas rígidas;</p> <p>(EM01Q02) Reconhecer os modelos de partículas como preditores do comportamento de sistemas macroscópicos e submicroscópicos;</p> <p>(EM01Q03) Interpretar e construir tabelas e gráficos das propriedades de sistemas em transformação de seus estados de agregação.</p>	  
Composição da matéria e suas propriedades	<p>(EM01Q04) Identificar a composição da matéria por meio da análise de rótulos de alimentos, observando a diversidade de componentes e suas concentrações a partir das diferentes unidades de medidas;</p> <p>(EM01Q05) Identificar e operar com os conceitos de componentes de sistemas homogêneos e heterogêneos, simples e complexos, do cotidiano, da indústria e do ambiente natural;</p> <p>(EM01Q06) Identificar as propriedades de materiais e substâncias – pressão, volume, densidade, temperaturas de fusão e ebulição, condutibilidade térmica e elétrica, acidez – como preditoras das propriedades, composição e transformação da matéria e de suas aplicações na separação de misturas, tomando o lixo como objeto de estudo, entre outros.</p>	    
Propriedades da matéria e indícios de transformação química	<p>(EM01Q07) Reconhecer indícios de variação de propriedades e características de sistemas naturais e manufaturados, e relacioná-los à ocorrência de transformação química em diferentes escalas de tempo;</p> <p>(EM01Q08) Empregar modelos, esquemas e diagramas para representar conceitos e explicações;</p> <p>(EM01Q09) Reconhecer e caracterizar os componentes de uma transformação química entre reagentes e produtos por meio da observação e controle da combustão;</p> <p>(EM01Q10) Modelar a transformação química de sistemas de dissolução, combustão e outros, em situações simples do cotidiano e ampliar para situações da indústria e do ambiente, por meio de representações verbais e esquemáticas da equação química.</p>	 

1ª SÉRIE

EIXO 2 – PROPRIEDADES E MODELOS QUANTITATIVOS DA MATÉRIA E DE SUAS TRANSFORMAÇÕES

Objeto de Conhecimento	Objetivos de Aprendizagem e Desenvolvimento	Metas referentes aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS)
Introdução à ligação química	<p>(EM01Q11) Reconhecer as propriedades elétricas da matéria e construir um modelo atômico, a partir da atração, repulsão e da estabilidade de cargas;</p> <p>(EM01Q12) Aplicar o modelo atômico de cargas na construção dos modelos molecular e de íon, identificando a distribuição dos elétrons para caracterizar as ligações molecular e iônica;</p> <p>(EM01Q13) Analisar historicamente a produção científica, o entorno social e intelectual relativos aos principais fatos e controvérsias sobre teorias atômicas e moleculares.</p>	 
Introdução à tabela periódica	<p>(EM01Q14) Sistematizar e classificar os elementos químicos a partir de propriedades atômicas e relacioná-las à lei periódica, a partir de exemplos da indústria da mineração, reconhecendo o processo histórico de modelização da tabela periódica e a sua função representacional;</p> <p>(EM01Q15) Analisar historicamente a produção científica, o entorno social e intelectual relativos aos principais fatos e controvérsias sobre a tabela periódica.</p>	 
Cálculos químicos, quantidade de matéria e propriedades molares	<p>(EM01Q16) Compreender e aplicar os conceitos de quantidade de matéria, volume e outras propriedades molares em problemas associados às quantidades de materiais, bem como à efetividade das transformações químicas;</p> <p>(EM01Q17) Compreender as razões e fundamentos embutidos na proposição e aplicação dos princípios de conservação da massa e da proporcionalidade entre reagentes e produtos nos sistemas químicos naturais e manufaturados, relacionando-os à representação da equação química e ao modelo atômico de partículas rígidas;</p> <p>(EM01Q18) Identificar, organizar, analisar e calcular as quantidades de materiais de sistemas químicos em solução a partir de unidades usuais de massa e volume, e também de unidades a envolver quantidade de matéria;</p> <p>(EM01Q19) Reconhecer, analisar e calcular a variação de potencial hidrogeniônico em sistemas naturais, como o sangue, e manufaturados, como o solo agrícola, com o uso de representações químicas, gráficas e algébricas;</p> <p>(EM01Q20) Investigar uma cadeia produtiva relacionada à transformação da matéria - insumos agrícolas, alimentos, construção civil, entre outros - e relacioná-la à produção e ao consumo de materiais e resíduos.</p>	 

2ª SÉRIE

EIXO 3 – PROPRIEDADES E MODELOS DE VELOCIDADE, EQUILÍBRIO, CALOR E TRANSFERÊNCIA DE ELÉTRONS DAS TRANSFORMAÇÕES QUÍMICAS

Objeto de Conhecimento	Objetivos de Aprendizagem e Desenvolvimento	Metas referentes aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS)
Velocidade das transformações	<p>(EM02Q01) Reconhecer e aplicar o conceito de cinética das transformações químicas em problemas ambientais, econômicos, geológicos, interpretando-os pelos modelos de partículas e ligação química;</p> <p>(EM02Q02) Identificar, organizar, analisar e calcular variáveis - temperatura, pressão, superfície de contato, concentração, catalisador - que interferem no tempo de reação de processos de transformação da matéria em ambientes naturais e manufaturados, exemplificando-se com a maturação de frutos entre outros, representando-os por meio das linguagens química e matemática.</p>	 <p>META 3-9 REDUZIR MORTES E DOENÇAS POR ACIDENTES QUÍMICOS, PERIGOSOS E POLUÍDAS</p>  <p>META 4-1 ENFIMOS PRIMÁRIOS E SECUNDÁRIOS LIVRES, EQUITATIVOS E DE QUALIDADE</p>  <p>META 4-7 EDUCAÇÃO UNIVERSAL PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL, PARA A CIDADANIA GLOBAL E PARA A VALORIZAÇÃO DA CULTURA</p>
Equilíbrio químico	<p>(EM02Q03) Reconhecer e aplicar o conceito de equilíbrio da transformação química a problemas de curta, média e larga escala de tempo e espaço, interpretando-os pelos modelos de partículas e ligação química;</p> <p>(EM02Q04) Identificar, organizar, analisar e calcular variáveis - pressão, temperatura e concentração - que interferem em processos de equilíbrio químico em ambientes naturais e manufaturados, exemplificando-se com a produção industrial da amônia entre outros, representando-os por meio das linguagens química e matemática;</p> <p>(EM02Q05) Investigar problemas de interesse e relevância social e ambiental relativos à depleção da camada de ozônio, entre outros fenômenos, em diferentes fontes de informação e reportá-los na forma de divulgação científica.</p>	 <p>META 3-9 REDUZIR MORTES E DOENÇAS POR ACIDENTES QUÍMICOS, PERIGOSOS E POLUÍDAS</p>  <p>META 4-1 ENFIMOS PRIMÁRIOS E SECUNDÁRIOS LIVRES, EQUITATIVOS E DE QUALIDADE</p>  <p>META 4-7 EDUCAÇÃO UNIVERSAL PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL, PARA A CIDADANIA GLOBAL E PARA A VALORIZAÇÃO DA CULTURA</p>

<p>Termoquímica</p>	<p>(EM02Q06) Reconhecer e aplicar o conceito de entalpia de transformação química a problemas de interesse biológico, econômico, químico, interpretando-os pelos modelos de partículas e ligação química;</p> <p>(EM02Q07) Identificar, organizar, analisar e calcular variáveis - temperatura, entalpias de formação, reação e ligação química - que interferem na variação de calor de transformações químicas em ambientes naturais e manufaturados, exemplificando-se com os combustíveis fósseis e renováveis e a exacerbação do efeito estufa entre outros, representando-as por meio das linguagens química e matemática;</p> <p>(EM02Q08) Investigar problemas de interesse e relevância social e ambiental relativos à mitigação do efeito estufa de origem antropogênica, entre outros fenômenos, em diferentes fontes de informação e reportá-los na forma de divulgação científica.</p>	 <p>3 SAÚDE E BEM-ESTAR</p>  <p>7 ENERGIA LIMPA E ACESSÍVEL</p>  <p>13 AÇÃO CLIMÁTICA</p>  <p>13 AÇÃO CLIMÁTICA</p>
<p>Eletroquímica</p>	<p>(EM02Q09) Reconhecer e aplicar os conceitos de oxidação e redução de materiais em problemas dos sistemas vivos, da indústria, interpretando-os pelos modelos de partículas, ligação química e cargas elétricas;</p> <p>(EM02Q10) Reconhecer, analisar e calcular variáveis - eletrodo, potencial padrão de redução - que interferem na produção de energia elétrica em pilhas e baterias, exemplificando-se com os processos de produção e descarte entre outros, representando-as por meio das linguagens química e matemática;</p> <p>(EM02Q11) Analisar historicamente a produção científica, o entorno social e intelectual relativos aos principais fatos e controvérsias do desenvolvimento de pilhas e baterias.</p>	 <p>3 SAÚDE E BEM-ESTAR</p>  <p>4 EDUCAÇÃO DE QUALIDADE</p>  <p>7 ENERGIA LIMPA E ACESSÍVEL</p>  <p>7 ENERGIA LIMPA E ACESSÍVEL</p>  <p>13 AÇÃO CLIMÁTICA</p>  <p>13 AÇÃO CLIMÁTICA</p>

3ª SÉRIE

EIXO 4 – PROPRIEDADES, MODELOS E TRANSFORMAÇÕES DOS MATERIAIS À BASE DE CARBONO

Objeto de Conhecimento	Objetivos de Aprendizagem e Desenvolvimento	Metas referentes aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS)
Geometria de compostos à base de carbono	<p>(EM03Q01) Desenvolver habilidades espaciais de imaginação e representação de objetos tridimensionais e relacioná-las à construção do modelo molecular de sistemas formados por carbono em pequena e larga extensão, por meio do manuseio e visualização de modelos concretos e digitais de objetos moleculares;</p> <p>(EM03Q02) Analisar historicamente a produção científica, o entorno social e intelectual relativos aos principais fatos e controvérsias sobre a síntese de compostos de carbono.</p>	 <p>Metas 3-B e 4-1</p>
Química do carbono em processos naturais e industriais	<p>(EM03Q03) Reconhecer, analisar e representar estruturas de diferentes funções de compostos orgânicos – hidrocarbonetos, haletos, álcoois, cetonas, aldeídos, ácidos, ésteres, aminas, amidas –, identificando suas propriedades e aplicações em sistemas naturais e manufaturados;</p> <p>(EM03Q04) Reconhecer, analisar e representar estruturas isoméricas de compostos orgânicos, relacionando-as à produção de fármacos e materiais poliméricos, identificando suas aplicações na saúde, na indústria e no ambiente;</p> <p>(EM03Q05) Reconhecer, analisar e representar materiais poliméricos naturais – proteína, amido, celulose – e manufaturados – plásticos, resinas, borracha –, relacionando-os à alimentação, biomassa e indústria petroquímica;</p> <p>(EM03Q06) Reconhecer as funções de compostos orgânicos presentes em princípios ativos de agrotóxicos e drogas, por meio de modelos concretos e digitais de objetos moleculares, relacionando suas propriedades ao comportamento do sistema nervoso e outros sistemas vitais;</p> <p>(EM03Q07) Investigar problemas de interesse e relevância social e ambiental relativos à produção de alimentos em escala agrícola e industrial em diferentes fontes de informação e reportá-los na forma de divulgação científica;</p> <p>(EM03Q08) Investigar problemas de interesse e relevância social e cultural relativos à produção de medicamentos em escala industrial, artesanal e culturalmente diversa em diferentes fontes de informação e reportá-los na forma de divulgação científica.</p>	 <p>Metas 2-A, 3-A, 13-2 e 10-1</p>

PARTE 4

PERCURSOS DE ESTUDO E FORMAÇÃO



PROPOSTAS DE PERCURSOS DE ESTUDO E FORMAÇÃO

Percurso I – Qualidade e uso sustentável da água nas políticas de saneamento básico e urbanização.

Temáticas associadas – Parâmetros físicos, químicos, biológicos da água, captação, tratamento e distribuição da água, lei nacional de saneamento básico, ocupação do solo, mananciais, urbanização, processos de industrialização, mobilidade e organização dos centros urbanos.

Eixo estruturante – Investigação científica com interface em gestão de conteúdos e informação.

Modalidade – A proposta pode ser desenvolvida em formato de grupo de estudo, grupo de pesquisa, projeto, entre outros, a depender de como se organizarão professores de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, Linguagens e suas Tecnologias, Matemática, Ciências Humanas e Sociais Aplicadas para conduzir as atividades com os alunos. A proposta tem duração de 1 semestre entre propor o problema e concluir o estudo com a síntese dos resultados e finalização das produções, no entanto, ela pode se desenvolver ao longo de 1 ano, com aprofundamentos variados em quaisquer componentes curriculares participantes.

Áreas congregadas – Linguagens e suas Tecnologias, Ciências Humanas e Sociais Aplicadas, Matemática.

Quadro do Percurso de Estudo e Formação

EIXO INVESTIGAÇÃO CIENTÍFICA		
Objeto de Conhecimento	Objetivos de Aprendizagem e Desenvolvimento	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
Planejamento, coleta, tratamento e divulgação de dados	<ul style="list-style-type: none"> Planejar e realizar coletas de amostras de água de um determinado manancial durante um período definido; Coletar parâmetros de clima (pluviometria, vento, temperatura, umidade relativa), ambientais (particulados, incidência de UV) e urbanos (transporte, pavimentação); Medir parâmetros físicos da água (turbidez, cor, temperatura), químicos (pH, condutibilidade, presença de íons), biológicos (oxigênio dissolvido); Mapear centros comerciais e industriais, ciclovias e redes de transporte público com aplicativos de georreferenciamento; Organizar e representar dados de amostras em tabelas e gráficos em bancos de dados digitais para compartilhamento; Redigir documentos na forma de textos, podcast, videocast, que sintetizem e divulguem o estudo. 	    

<p>Políticas de saneamento, urbanização e ocupação do solo</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Caracterizar o espaço urbano no percurso e entorno do manancial e sua ocupação ao longo do tempo; • Caracterizar a mobilidade urbana da região e da Grande São Paulo e conhecer a política de transportes; • Conhecer a lei de ocupação do solo para a região do manancial; • Conhecer a lei nacional de saneamento básico. 	
<p>Problemas sociocientíficos</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Aprofundar o conhecimento conceitual, procedimental e atitudinal sobre solubilidade, soluções, equilíbrio químico, saneamento básico, uso sustentável da água, ocupação do solo, mobilidade urbana, processos de urbanização; • Analisar criticamente as relações entre ciência, economia, política, direito, ambiente, população, para interpretar os parâmetros de qualidade e formas de uso sustentável da água à luz de uma política de urbanização de desenvolvimento sustentável; • Propor ações individuais e coletivas para uma política de saneamento básico em acordo com os parâmetros de qualidade e uso sustentável da água; • Propor ações individuais e coletivas para uma política de transporte público em acordo com os parâmetros de desenvolvimento sustentável para regiões metropolitanas. 	

Percurso II - Uso racional e fontes alternativas de energia: políticas de mitigação do Aquecimento Global.

Temáticas associadas - Produção e distribuição de energia em grande escala; Matriz energética brasileira; impacto ambiental decorrente de infraestrutura e uso da energia; origem, extração, distribuição e usos de combustíveis fósseis; fontes renováveis de energia; política energética brasileira; qualidade de vida.

Eixo estruturante - Investigação científica e mediação sociocultural.

Modalidade - A proposta pode ser desenvolvida em formato de grupo de estudo, grupo de pesquisa, projeto, entre outros, a depender de como se organizarão professores de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, Linguagens e suas Tecnologias, Matemática, Ciências Humanas e Sociais Aplicadas para conduzir as atividades com os alunos. A proposta tem duração de 1 semestre entre propor o problema e concluir o estudo com a síntese dos resultados e finalização das produções, no entanto, ela pode se desenvolver ao longo de 1 ano, com aprofundamentos variados em quaisquer componentes curriculares participantes.

Áreas congregadas - Linguagens e suas Tecnologias, Ciências Humanas e Sociais Aplicadas, Matemática.

Quadro do Percurso de Estudo e Formação

EIXO INVESTIGAÇÃO CIENTÍFICA		
Objeto de Conhecimento	Objetivos de Aprendizagem e Desenvolvimento	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
<p>Caracterização da demanda energética do país</p>	<ul style="list-style-type: none"> Localizar fontes e coletar dados da produção e consumo de energia brasileira nas últimas décadas; Localizar fontes e coletar dados da matriz energética brasileira e descrever as mudanças ocorridas nas últimas décadas; Comparar a realidade energética do Brasil com a de outras nações de diferentes perfis; Coletar informações sobre produção de gases estufa por cadeias produtivas, países e sistemas em nível local; Organizar e representar dados obtidos em tabelas e gráficos em bancos de dados digitais para compartilhamento; Redigir documentos na forma de textos, podcast, videocast, que sintetizem e divulguem o estudo. 	
<p>Caracterização do consumo energético</p>	<ul style="list-style-type: none"> Determinar as principais fontes de consumo de indivíduos e famílias; Planejar experimentos e produzir dados sobre a eficiência energética de equipamentos elétricos, eletrodomésticos e de transporte; Organizar e representar dados em tabelas comparativas; Redigir documentos na forma de textos, podcast, videocast, que sintetizem e divulguem o estudo. 	

<p>Fontes alternativas de energia</p>	<ul style="list-style-type: none"> Caracterizar os tipos de fontes de energia em relação a critérios, como origem, sustentabilidade, renovação, saúde humana etc; Entender os processos físicos na produção de energia para uso em grande escala em diferentes tipos de usinas, estabelecendo quadro de comparação sobre vantagens e desvantagens; Visitar usinas ou sistemas produtores de energia para uso em grande escala, como centrais hidroelétricas, aerogeradores, células fotoelétricas, centrais a biogás etc; Conhecer os efeitos do uso de combustível fóssil no ambiente, em particular sobre o clima; Conhecer experiências no Brasil e em outros países de usos de fontes alternativas de energia. 	
<p>Legislação energética</p>	<ul style="list-style-type: none"> Conhecer o conjunto de leis que regula o setor de produção de energia; Conhecer as políticas de desenvolvimento sustentável para o setor de produção de energia; Estabelecer os limites e possibilidades previstas em leis para dar suporte à diversificação da matriz energética. 	

<p>Problemas sociocientíficos</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Aprofundar o conhecimento conceitual, procedimental e atitudinal necessários para enfrentar os desafios, riscos e oportunidades na produção e uso de energia em grande escala; • Analisar criticamente as relações entre ciência, economia, política, ambiente, população, direito, para classificar as fontes de energia para uso em grande escala; • Propor ações individuais e coletivas, locais, nacionais e globais para uma política de mitigação dos impactos ambientais no uso da energia. 	
------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--

Percurso III – Limites e possibilidades da vida humana fora da Terra.

Temáticas associadas – caracterização das condições necessárias para a vida humana; exploração espacial; a vida fora da Terra em livros e filmes de ficção científica. Corrida espacial x corrida armamentista.

Eixo estruturante – Investigação científica com interface em processos criativos.

Modalidade – A proposta pode ser desenvolvida em formato de grupo de estudo, grupo de pesquisa, projeto, entre outros, a depender de como se organizarão professores de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, Linguagens e suas Tecnologias, Matemática e Ciências Humanas e Sociais Aplicadas para conduzir as atividades com os alunos. A proposta tem duração de 1 semestre entre propor o problema e concluir o estudo com a síntese dos resultados e finalização das produções, no entanto, ela pode se desenvolver ao longo de 1 ano, com aprofundamentos variados em quaisquer componentes curriculares participantes.

Áreas congregadas – Linguagens e suas Tecnologias, Ciências Humanas e Sociais Aplicadas, Matemática.

Quadro do Percurso de Estudo e Formação

EIXO INVESTIGAÇÃO CIENTÍFICA		
Objeto de Conhecimento	Objetivos de Aprendizagem e Desenvolvimento	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
Representação da vida humana fora da Terra em obras de ficção	<ul style="list-style-type: none"> Localizar fontes e coletar dados sobre a produção literária, cinematográfica e artística acerca da vida fora da Terra; Selecionar obras a ser lidas pelos autores para dar suporte à vida fora da Terra; Investigar o contexto de produção das obras selecionadas e os argumentos que justificam a busca de locais para assentamentos humanos fora da Terra. 	
Condições de existência e manutenção da vida	<ul style="list-style-type: none"> Determinar os parâmetros físicos, químicos, biológicos, sociológicos, ambientais, entre outros, necessários e suficientes para a manutenção da vida humana; Investigar traços de vida fora da Terra; Localizar fontes de informação sobre ambientes extraterrestres com potencial para dar suporte à vida humana. 	
Localização e acesso a ambientes extraterrestres	<ul style="list-style-type: none"> Estabelecer candidatos possíveis à vida fora da Terra, considerando condições de suporte à vida humana, distância etc; Planejar e conduzir experimentos, reais ou virtuais, sobre produção de alimentos, abrigos e vestimentas simulando ambientes extraterrestres (variação no padrão de iluminação, temperatura, composição atmosférica etc.); Investigar meios de transportes existentes e protótipos capazes de deslocar imigrantes terrestres para fora do planeta Terra (propulsores, “elástico gravitacional”, velas solares etc.) e produzir simulações computacionais para trajetórias no espaço; Estabelecer as condições de viagem que permitam que a vida humana se desloque para além dos limites do planeta Terra; Estudar relações do espaço e do tempo em velocidades muito altas e interpretar consequências nas viagens interplanetárias. 	
Problemas sociocientíficos	<ul style="list-style-type: none"> Aprofundar o conhecimento conceitual, procedimental e atitudinal necessários para enfrentar os desafios, riscos e oportunidades na produção de meios para a colonização humana do espaço; Analisar criticamente as relações entre ciência, economia, política, ambiente, população, direito para viabilizar um projeto de colonização extraterrestre; Estabelecer critérios éticos e morais no envio de colonos para fora do sistema terrestre. 	

Percurso IV – Barragens de mineração, ciência, tecnologia, ambiente, sociedade e risco.

Temáticas associadas – Modelos de exploração mineral; obtenção de matérias primas a partir da indústria mineral; processos de despoluição de rejeitos de mineração; construção de barragens; avaliação de impacto e risco ambiental da atividade mineradora e de barragens; políticas de exploração mineral e assentamento populacional; impactos sociais e ambientais do rompimento de barragens.

Eixo estruturante – Investigação científica com interface em mediação e intervenção político-econômica.

Modalidade – A proposta pode ser desenvolvida em formato de grupo de estudo, grupo de pesquisa, projeto, entre outros, a depender de como se organizarão professores de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, Linguagens e suas Tecnologias, Matemática, Ciências Humanas e Sociais Aplicadas para conduzir as atividades com os alunos. A proposta tem duração de 1 semestre entre propor o problema e concluir o estudo com a síntese dos resultados e finalização das produções, no entanto, ela pode se desenvolver ao longo de 1 ano, com aprofundamentos variados em quaisquer componentes curriculares participantes.

Áreas congregadas – Linguagens e suas Tecnologias, Ciências Humanas e Sociais Aplicadas, Matemática.

Quadro do Percurso de Estudo e Formação

EIXO INVESTIGAÇÃO CIENTÍFICA		
Objeto de Conhecimento	Objetivos de Aprendizagem e Desenvolvimento	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
Planejamento, coleta, tratamento e divulgação de dados	<ul style="list-style-type: none"> • Mapear a presença de barragens de mineração no Brasil; • Conhecer os processos de construção e tipos de barragens de mineração, seus parâmetros de risco e como são calculados; • Identificar e caracterizar a mineração como fonte diversificada de matéria-prima amplamente empregada na indústria de transformação; • Identificar e caracterizar formas de controle e prevenção de acidentes em barragens por meio de sistemas geosensoriais, presenciais e remotos; • Identificar e analisar os impactos sociais (moradia, família, trabalho), ambientais (qualidade da água, toxicidade de metais, matas ciliares, fauna, flora), econômicos (emprego, arrecadação de impostos, exportação) do rompimento de barragens de mineração; • Organizar e representar dados de amostras em tabelas e gráficos em bancos de dados digitais para compartilhamento; • Redigir documentos na forma de textos, podcast, videocast, que sintetizem e divulguem o estudo. 	<p> META 3-3: ACABAR COM ENFERMIDADES TRANSMISSÍVEIS META 4-1: ENFERMOS POUQUÍSSIMOS, SECUNDARIAMENTE EMPREGADOS E DE QUALIDADE META 4-6: UNIVERSALIZAÇÃO DA ALFABETIZAÇÃO E DO CONHECIMENTO BÁSICO DE MATEMÁTICA META 6-6: PROTEGER E RESTAURAR OS ECOSISTEMAS DE ÁGUA DOCE, MELHORANDO AS ÁREAS URBANAS E DA SUA GESTÃO LOCAL META 8-4: PROMOVER A INCLUSÃO SOCIAL E O EMPREGO DE QUALIDADE NO CONSUMO E NA PRODUÇÃO META 8-4: PROMOVER A INCLUSÃO SOCIAL E O EMPREGO DE QUALIDADE NO CONSUMO E NA PRODUÇÃO META 12-2: IMPLANTAR A GESTÃO SUSTENTÁVEL E O USO EFICIENTE DOS RECURSOS MATERIAIS META 12-4: PROMOVER O CONSUMO RESPONSÁVEL E O EMPREGO DE QUALIDADE NO CONSUMO E NA PRODUÇÃO META 15-6: PROMOVER A RESTAURAÇÃO E O MANEJO SUSTENTÁVEL DOS ECOSISTEMAS TERRESTRES, MARÍTIMOS E AQUÍCOLAS, E A ESTABILIZAÇÃO DE ESPÉCIES AMEAÇADAS </p>

<p>Políticas de mineração</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Conhecer relatórios e estudos de impacto e risco ambiental de barragens de mineração; • Conhecer projetos e iniciativas da Agência Nacional de Mineração; • Conhecer projetos e iniciativas do Movimento dos Atingidos por Barragens; • Conhecer o regramento da exploração mineral no Brasil e 	
<p>Problemas sociocientíficos</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Estudar aspectos científicos, sociais, econômicos e ambientais associados aos impactos causados pela mineração no Brasil, principalmente, relacionados aos rompimentos das barragens de Mariana e Brumadinho; • Analisar criticamente as relações entre ciência, economia, política, ambiente, população, direito para propor soluções sustentáveis para a indústria de mineração; • Aprofundar o conhecimento conceitual, procedimental e atitudinal em Física, Química, Biologia e outros campos disciplinares para interpretar riscos e impactos socioambientais de barragens de mineração. 	

Percurso V - Educação em sexualidade, prevenção de infecções sexualmente transmissíveis e contracepção.

Temáticas associadas - Educação para a saúde; ciclo reprodutivo; materiais e substâncias contraceptivas; saúde e direitos sexuais.

Eixo estruturante - Investigação científica com interface em gestão de conteúdos e informação.

Modalidade - A proposta pode ser desenvolvida em formato de grupo de estudo, grupo de pesquisa, projeto, entre outros, a depender de como se organizarão professores de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, Linguagens e suas Tecnologias, Matemática, Ciências Humanas e Sociais Aplicadas para conduzir as atividades com os estudantes. A proposta tem duração de 1 semestre entre propor o problema e concluir o estudo com a síntese dos resultados e finalização das produções, no entanto, ela pode se desenvolver ao longo de 1 ano, com aprofundamentos variados em quaisquer componentes curriculares participantes.

Áreas congregadas - Linguagens e suas Tecnologias, Ciências Humanas e Sociais Aplicadas, Matemática.

Quadro do Percurso de Estudo e Formação

EIXO INVESTIGAÇÃO CIENTÍFICA		
Objeto de Conhecimento	Objetivos de Aprendizagem e Desenvolvimento	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
Planejamento, coleta e tratamento de dados	<ul style="list-style-type: none"> Refletir sobre gravidez na adolescência, comportamento sexual, direitos sexuais e reprodutivos; Conhecer os métodos contraceptivos e de prevenção de Infecções Sexualmente Transmissíveis disponibilizados pelo SUS, identificando seus possíveis efeitos colaterais e associando seus mecanismos de ação com os materiais que os compõem e com o funcionamento do sistema reprodutor; Testar os materiais que compõem os contraceptivos em laboratório, realizando ensaios para analisar suas propriedades e associá-las aos mecanismos de funcionamento do contraceptivo; Comparar os hormônios envolvidos na reprodução humana em suas formas natural e sintética, representando-os e identificando semelhanças, diferenças e efeitos na fertilidade e contracepção; Caracterizar o conhecimento e uso de contraceptivos pela comunidade escolar, produzindo e aplicando uma enquete de opinião; Organizar em tabelas e gráficos os dados e resultados da enquete e compartilhar em bancos de dados. 	

<p>Políticas de contracepção, combate às IST e saúde sexual</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Avaliar os impactos da produção, teste e uso de contraceptivos para as diferentes populações, comparando as relações dessas fases em diferentes recortes geográficos, étnicos, de classe social, de gênero e de orientação sexual; • Relacionar as pesquisas e desenvolvimentos de contraceptivos a fatores sociais, econômicos, de gênero e científicos, analisando a influência desses diferentes eixos no histórico de consolidação dos artefatos contraceptivos utilizados atualmente; • Analisar o papel das instituições para a defesa e manutenção dos direitos sexuais e reprodutivos, sobretudo à população de maior vulnerabilidade, debatendo e produzindo textos com posicionamentos acerca de casos verídicos e/ou histórias virtuais; • Conhecer e analisar documentos oficiais nacionais e internacionais sobre educação em sexualidade para desenvolver atitudes de respeito e tolerância. 	
<p>Mídia e divulgação</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Analisar, refletir e criticar propagandas de contraceptivos, identificando os recursos utilizados pelas empresas para atrair o consumidor e reconhecendo a necessidade de buscar informações em fontes confiáveis para decidir sobre o uso de um contraceptivo; • Mobilizar práticas para intervenção quanto à informação da comunidade escolar acerca do uso de contraceptivos e da prevenção de IST, produzindo materiais de divulgação sobre o tema. 	

Percurso VI – Vacinas e saúde

Temáticas associadas – Mecanismo de atuação e processos de produção de vacinas, programas de imunização, políticas públicas de saúde, a revolta das vacinas, ética nas pesquisas com seres humanos, o papel de instituições públicas no desenvolvimento e produção de vacinas, restrições e incentivos ao desenvolvimento científico.

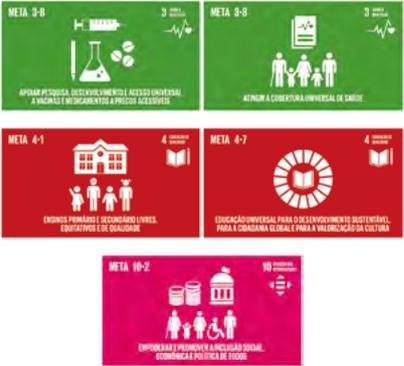
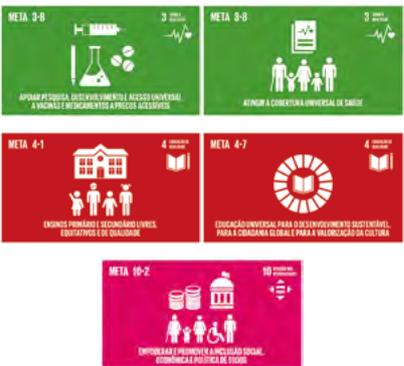
Eixo estruturante – Investigação científica com interface em mediação e intervenção sociocultural.

Modalidade – A proposta pode ser desenvolvida em formato de grupo de estudo, grupo de pesquisa, projeto, entre outros, a depender de como se organizarão professores de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, Linguagens e suas Tecnologias, Ciências Humanas e Sociais Aplicadas, Matemática para conduzir as atividades com os alunos. A proposta tem duração de 1 semestre entre propor o problema e concluir o estudo com a síntese dos resultados e finalização das produções, no entanto, ela pode se desenvolver ao longo de 1 ano, com aprofundamentos variados em quaisquer componentes curriculares participantes.

Áreas congregadas – Linguagens e suas Tecnologias, Ciências Humanas e Sociais Aplicadas, Matemática.

Quadro do Percurso de Estudo e Formação

EIXO INVESTIGAÇÃO CIENTÍFICA		
Objeto de Conhecimento	Objetivos de Aprendizagem e Desenvolvimento	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
<p>Modos de produção e mecanismos de atuação das vacinas</p>	<ul style="list-style-type: none"> Conhecer o mecanismo de ação das vacinas na produção de resposta imunológica; Investigar e caracterizar os processos de produção de vacinas, identificando a participação de seres vivos e a utilização de modificação genética nesses processos; Identificar instituições públicas que produzem vacinas em São Paulo e buscar informações sobre sua origem e atuação; Relacionar doenças que podem ser evitadas pela vacinação e identificar vacinas que fazem parte de programas públicos de saúde. 	

<p>Cobertura vacinal e saúde</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Investigar e relacionar fatores que podem interferir na administração de vacinas, por exemplo, disponibilidade, preço, logística de aplicação e resistência da população etc; • Investigar eventos e movimentos de resistência da população às vacinas e identificar suas causas e demais condições de contexto; • Identificar fontes confiáveis e localizar dados sobre cobertura vacinal da cidade e de outras localidades, estabelecendo comparações; • Produzir modelo estatístico que explique e sirva de parâmetro para interpretar a cobertura vacinal como resultado estatístico; • Problematizar a relação entre cobertura vacinal e saúde, propor hipótese e desenvolver investigação para verificar essa relação, definindo indicadores a serem considerados, período, abrangência e outros parâmetros de pesquisa; • Redigir documentos na forma de textos, podcast, videocast, que sintetizem e divulguem o estudo. 	
<p>Problemas sociocientíficos</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Identificar e discutir ações da sociedade para estimular a pesquisa e o desenvolvimento de novas vacinas no país; • Propor ações individuais e coletivas para ampliar a cobertura vacinal na Cidade de São Paulo; • Discutir questões éticas relacionadas à realização de testes com humanos, que constam em protocolos de pesquisa de vacinas. 	

Percurso VII – Relações entre Higiene e a propagação de microrganismos

Temáticas associadas – Condições mínimas para o desenvolvimento de microrganismos no ambiente; efeitos da água, detergente e sabão; relação entre higiene e propagação de doenças contagiosas e infecciosas; evolução histórica dos conceitos de microrganismos patogênicos, geração espontânea, esterilização; serviços públicos e higiene ambiental.

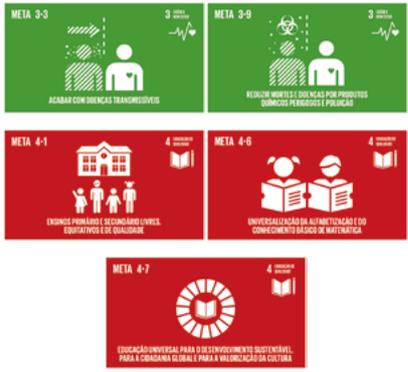
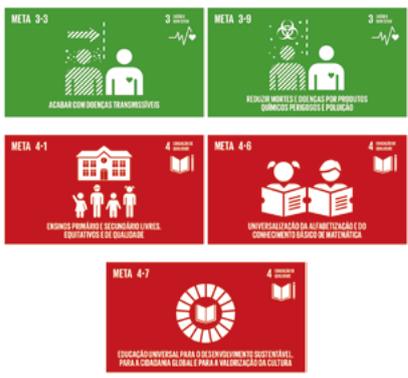
Eixo estruturante – Investigação científica com interface em gestão de conteúdos e informação.

Modalidade – A proposta pode ser desenvolvida em formato de grupo de estudo, grupo de pesquisa, projeto, entre outros, a depender de como se organizarão professores de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, Linguagens e suas Tecnologias, Ciências Humanas e Sociais Aplicadas, Matemática para conduzir as atividades com os alunos. A proposta tem duração de 1 semestre entre propor o problema e concluir o estudo com a síntese dos resultados e finalização das produções, no entanto, ela pode se desenvolver ao longo de 1 ano, com aprofundamentos variados em quaisquer componentes curriculares participantes.

Áreas congregadas – Linguagens e suas Tecnologias, Ciências Humanas e Sociais Aplicadas, Matemática.

Quadro do Percurso de Estudo e Formação

EIXO INVESTIGAÇÃO CIENTÍFICA		
Objeto de Conhecimento	Objetivos de Aprendizagem e Desenvolvimento	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
<p>Microrganismos, ambiente e saúde</p>	<ul style="list-style-type: none"> Localizar fontes e coletar informações sobre como se desenvolveu o conhecimento a respeito de microrganismos e sua participação em doenças infectocontagiosas; Estabelecer as condições mínimas de sobrevivência (permanência) de bactérias e vírus no ambiente e relacioná-los ao potencial de transmissão de doenças; Relacionar a proliferação de microrganismos com parâmetros físicos e químicos (temperatura, pH, presença de alimento e água etc.); Desenvolver modelo estatístico sobre contágio, produzindo tabelas, gráficos e equações que representem a propagação em grandes populações; Planejar e realizar uma enquete para identificar o conhecimento do mundo biológico invisível a olho nu e sua relação com a proliferação de doenças infectocontagiosas. 	<p> META 3-3 ACABAR COM DOENÇAS TRANSMISSÍVEIS </p> <p> META 3-9 REDUZIR MORTES E DOENÇAS POR PRÓTIOS DOENÇAS TRANSMISSÍVEIS E POLÍMICAS </p> <p> META 4-1 ENSINOS PRIMÁRIO E SECUNDÁRIO LIVRES, EQUITATIVOS E DE QUALIDADE </p> <p> META 4-6 UNIVERSALIZAÇÃO DA ALFABETIZAÇÃO E DO CONHECIMENTO BÁSICO DE MATEMÁTICA </p> <p> META 4-7 EDUCAÇÃO UNIVERSITÁRIA PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL, PARA A CIDADANIA GLOBAL E PARA A INCLUSÃO DA CULTURA </p>

<p>Problematização, planejamento, experimentação e tratamento dos resultados</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Problematizar a relação entre higiene corporal e presença de microrganismos; • Planejar experimentos para comparar o efeito de diferentes métodos de higienização na sobrevivência de microrganismos; • Propor hipóteses sobre a eficiência de higienização das mãos com diferentes métodos (água, água e sabão, álcool em gel, álcool líquido) e testá-las experimentalmente; • Registrar e organizar os dados obtidos, explicá-los de acordo com os conhecimentos sobre microrganismos e sistematizar conclusões; • Organizar e redigir relatórios de pesquisa e experimentação, incluindo: problematização, processo de coleta e organização dos dados, resultados e conclusões. 	
<p>Problemas sociocientíficos</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Identificar os serviços públicos do município que se relacionam com questões de higiene, por exemplo, coleta e destino de resíduos sólidos e líquidos produzidos pela população, rede de distribuição e fornecimento de água tratada, controle de pragas urbanas, e avaliar sua contribuição para a saúde; • Empregar as conclusões da investigação experimental para propor procedimentos individuais e coletivos que visem à diminuição de riscos à saúde; • Promover ações de incentivo à adoção de atitudes voltadas à higiene pessoal e do ambiente a serem implementadas pela comunidade escolar. 	

Percurso VIII – Internet e robotização da produção

Temáticas associadas – Máquinas X seres humanos; construção de robôs; internet 5G e impacto no setor produtivo; comunicação de máquinas e sistemas automatizados; fábricas autônomas; destruição de empregos; questões éticas no uso ampliado das máquinas.

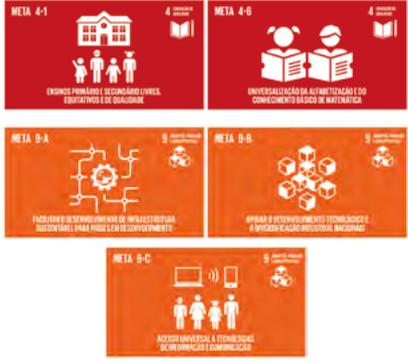
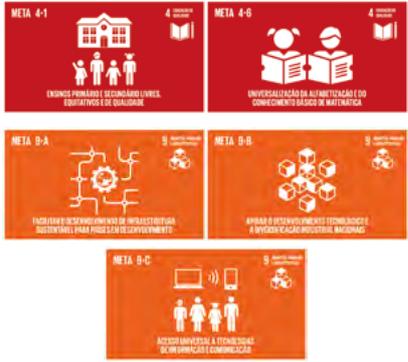
Eixo estruturante – Investigação científica com interface em processos criativos.

Modalidade – A proposta pode ser desenvolvida em formato de grupo de pesquisa, projeto, entre outros, a depender de como se organizarão professores de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, Linguagens e suas Tecnologias, Ciências Humanas e Sociais Aplicadas, Matemática para conduzir as atividades com os alunos. A proposta tem duração de 1 semestre entre propor o problema e concluir o estudo com a síntese dos resultados e finalização das produções, no entanto, ela pode se desenvolver ao longo de 1 ano, com aprofundamentos variados em quaisquer componentes curriculares participantes.

Áreas congregadas – Linguagens e suas Tecnologias, Ciências Humanas e Sociais Aplicadas, Matemática.

Quadro do Percurso de Estudo e Formação

EIXO INVESTIGAÇÃO CIENTÍFICA		
Objeto de Conhecimento	Objetivos de Aprendizagem e Desenvolvimento	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
<p>Mapeamento do uso de robôs na atualidade</p>	<ul style="list-style-type: none"> Localizar setores e serviços com uso de robôs no Brasil e no mundo; Caracterizar os principais tipos de robôs e identificar seus princípios de funcionamento Planejar e desenvolver, com apoio em kits de robótica e/ ou materiais similares, máquinas capazes de executar tarefas simples (transportar, prospectar, empilhar, localizar etc.); Comparar o desempenho dos robôs em relação aos seres humanos na execução de tarefas; Redigir documentos na forma de textos, podcast, videocast, que sintetizem e divulguem o estudo. 	<p>The infographic displays five SDG icons: META 4-1 (Quality Education), META 4-B (Mathematics), META 9-A (Industry, Innovation and Infrastructure), META 9-B (Industry, Innovation and Infrastructure), and META 9-C (Industry, Innovation and Infrastructure).</p>

<p>Usos futuros das máquinas</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Determinar na literatura especializada os novos campos de aplicação das máquinas e os protótipos já existentes com previsão de lançamento; • Estudar a convergência de tecnologias, em particular da informática, comunicação e robótica com a chegada da internet quinta geração (5G); • Planejar e produzir montagens que permitam estudar alguns dos novos usos dos robôs, em particular a comunicação de máquinas (internet das coisas), elaborando dados sobre limites e possibilidades; • Organizar e representar os resultados obtidos em tabelas comparativas; • Redigir documentos na forma de textos, podcast, videocast, que sintetizem e divulguem o estudo. 	
<p>Problemas sociocientíficos</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Aprofundar o conhecimento conceitual, procedimental e atitudinal necessários para enfrentar os desafios, riscos e oportunidades na produção e uso de dos robôs; • Analisar criticamente as relações entre ciência, economia, política no mundo com máquinas inteligentes; • Estabelecer os dilemas e questões de ordem moral e ética num mundo com homens e máquinas inteligentes . 	

REFERÊNCIAS DA PARTE 1 INTRODUTÓRIO

- ARROYO, M. **Indagações sobre currículo**. Educandos e educadores: seus direitos e o currículo. Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de educação básica, 2007.
- BRASIL, Ministério da Educação (MEC/SEED). **Base Nacional Comum Curricular**. Terceira versão – Versão Final. Brasília, 2017. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/> Acesso em: 13 dez. 2020.
- BRASIL, Ministério de Educação. **Lei Nº 9.394**, de 20 de dezembro de 1996. Estabelece as Diretrizes e Bases da Educação Nacional. Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19394.htm. Acesso em: 13 dez. 2020.
- BRASIL, Senado Federal. **Constituição Federal** (Texto promulgado em 05/10/1988). Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acesso em: 13 dez. 2020.
- BRASIL. **Decreto no 3.029**, de 9 de janeiro de 1881. Reforma a legislação eleitoral. Disponível em: <https://www.tse.jus.br/eleitor/glossario/termos/lei-saraiva>. Acesso em: 14 dez 2020.
- BRASIL. **Estatuto da pessoa com deficiência** – Brasília: Senado Federal. Coordenação de Edições Técnicas, 2015.
- BRASIL. **Lei Federal n. 8069**, de 13 de julho de 1990. ECA – Estatuto da Criança e do Adolescente.
- BRASIL. **Lei n.13.005**, de 25 de junho de 2014. Aprova o Plano Nacional de Educação – PNE e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 26 jun 2014.
- BRASIL. **LEI Nº 11.494**, DE 20 DE JUNHO DE 2007. Regulamenta o Fundo de Manutenção e Desenvolvimento da Educação Básica e de Valorização dos Profissionais da Educação – FUNDEB, de que trata o art. 60 do Ato das Disposições Constitucionais Transitórias; altera a Lei nº 10.195, de 14 de fevereiro de 2001; revoga dispositivos das Leis nºs 9.424, de 24 de dezembro de 1996, 10.880, de 9 de junho de 2004, e 10.845, de 5 de março de 2004; e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11494.htm. Acesso em 14 dez. 2020.
- BRASIL. **Lei nº5692**, de 11 de agosto de 1971. Fixa Diretrizes e Bases para o ensino de 1º e 2º graus, e dá outras providências. Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L5692.htm#:~:text=Fixa%20Diretrizes%20e%20Bases%20para,graus%2C%20e%20d%C3%A1%20outras%20provid%C3%A2ncias.&text=Art.&text=1%C2%BA%20Para%20efeito%20do%20que,m%C3%A9dio%2C%20o%20de%20segundo%20grau. Acesso em: 13 dez. 2020.
- BRASIL. Senado Federal. **Lei nº 4024/61**. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/1960-1969/lei-4024-20-dezembro-1961-353722-normaatualizada-pl.html#:~:text=LEI%20N%C2%BA%204.024%2C%20DE%2020,e%20Bases%20da%20Educa%C3%A7%C3%A3o%20Nacional>. Acesso em: 13 dez. 2020.
- CAVALIERE, A.M.V. **Educação integral**: uma nova identidade para a escola brasileira?. Educ. Soc., Campinas, v. 23, n. 81, p. 247-270, Dec. 2002. Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-73302002008100013&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 13 dez. 2020.
- CONNELL, R. **Estabelecendo a diferença**: escolas, famílias, e divisão social. Porto Alegre: Artmed, 2004.
- DOLL JR., W. E. **Currículo**: uma perspectiva pós moderna. Porto Alegre: Artmed, 1997.
- FREIRE, P. **Pedagogia da Autonomia**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1996.
- GONÇALVES, A.S. Reflexões sobre educação integral e escola de tempo integral. **Cadernos Cenpec** | Nova série, [S.l.], v. 1, n. 2, ago. 2006. ISSN 2237-9983. Disponível em: <<http://cadernos.cenpec.org.br/cadernos/index.php/cadernos/article/view/136>>. Acesso em: 13 dez. 2020.
- GUARÁ, I. M. **Educação e desenvolvimento integral**: articulando saberes na escola e além da escola. Brasília: Em Aberto, v.22, n. 80, p.65-81, abr. 2009.
- NOSELLA, P. Compromisso político e competência técnica: 20 anos depois. **Educ. Soc.**, Campinas, v. 26, n. 90, p. 223-238, Apr. 2005. Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-73302005000100010&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 13 dez. 2020.
- OLIVEIRA, P.R. **O papel da escrita de memórias sobre a trajetória escolar na formação de professores**. Disponível em: <https://www.ufjf.br/praticasdelinguagem/files/2013/07/33-44-O-PAPEL-DA-ESCRITA-DE-MEM%C3%93RIAS-SOBRE-A-TRAJET%C3%93RIA-ESCOLAR-NA-FORMA%C3%87%C3%83O-DE-PROFESSORES.pdf>. Acesso em 13 dez. 2020.
- ONU. **Declaração universal dos direitos humanos**. Rio de Janeiro: UNIC, 2009 [1948]. Disponível em: <<http://www.dudh.org.br/wp-content/uploads/2014/12/dudh.pdf>> Acesso em: 13 dez. 2020.
- PACHECO, J. A. Estudos curriculares: para a compreensão crítica da educação. Porto: Porto Editora, 2005.
- PACHECO, J. **Currículo**: Teorias e Praxis. Porto: Porto Editora, 2001.
- PLATAFORMA AGENDA 2030. Disponível em: <http://www.agenda2030.com.br/>. Acesso em: 13 dez. 2020.
- RIGOLON, W. de O. **O que muda quando tudo muda?** Uma análise do trabalho docente dos professores alfabetizadores do Estado de São Paulo. Tese de doutorado. Universidade Estadual de Campinas: Faculdade de Educação, Campinas, 2013.
- SACRISTÁN, J.G. **O currículo**: uma reflexão sobre a prática. Porto Alegre: Artmed, 2000.
- SANTOS, B.de S. **Reconhecer para libertar**: os caminhos do cosmopolitanismo multicultural. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2003.
- SÃO PAULO (Estado). Secretaria da Educação do Estado de São Paulo. **Diretrizes do Programa Ensino Integral**: escola de tempo integral. São Paulo: SEE, [2014]. Disponível em: <http://www.educacao.sp.gov.br/a2sitebox/arquivos/documentos/726.pdf>. Acesso em: 14 dez. 2020.
- SÃO PAULO (Município). Câmara Municipal. **Programa de Metas 2017-2020**. Disponível em: <https://www.saopaulo.sp.leg.br/programa-de-metas-2017-2020/>. Acesso em 14 dez. 2020.
- SÃO PAULO (Município). **LEI Nº 16.271**, DE 17 DE SETEMBRO DE 2015 (PROJETO DE LEI Nº 415/12, DO EXECUTIVO, APROVADO NA FORMA DE SUBSTITUTIVO DO LEGISLATIVO) Aprova o Plano Municipal de Educação de São Paulo. Acesso em 14 dez. 2020.
- SÃO PAULO (Município). Secretaria Municipal de Educação. **Direitos de Aprendizagem dos Ciclos Interdisciplinar e Autoral**: História. São Paulo: SME/COPEd, 2016a.
- SILVA, F. C. T.; MENEGAZZO, M.A. Escola e Cultura Escolar: gestão controlada das diferenças no/pelo currículo. In: **Anais da 28ª Reunião Anual da ANPED**, 2005, Caxambu – MG. 2005. p. 1-17.
- TEIXEIRA, A. Uma experiência de educação primária integral no Brasil. **Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos**. Rio de Janeiro, 38 (87): 21-33, jul./set, 1962.
- UNICEF. **Convenção sobre os direitos das crianças**. Disponível em: <http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/convidir-crianca.pdf>. Acesso em: 13 dez. 2020.
- VYGOTSKY, L. S. **Obras escogidas** (vol.III). Madrid: Visor, 1996.
- VYGOTSKY, L. S. **Obras escogidas** (vol.IV). Madrid: Visor, 1997.
- VYGOTSKY, L. S. **Pensamento e Linguagem**. São Paulo: Martins Fontes, 2000.

REFERÊNCIAS DAS PARTES 2 E 3

CIÊNCIAS DA NATUREZA

- BERNSTEIN, P. L. **Desafio aos deuses**: a fascinante história do risco. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011.
- CONRADO, D. M.; NUNES-NETO, N. (org.). **Questões sociocientíficas**: fundamentos, propostas de ensino e perspectivas para ações socio-políticas. Salvador: Edufba, 2018.
- DOUGLAS, M. **Risk and blame**: essays in cultural theory. London: Routledge, 1994.
- DOUGLAS, M.; WILDAVSKY, A. **Risco e cultura**. São Paulo: Elsevier, 2012.
- DUARTE, N. **Os conteúdos escolares e a ressurreição dos mortos**. Campinas: Autores Associados, 2016.
- GIDDENS, A. **The consequences of modernity**. Califórnia: Stanford Uni Press, 1990.
- GIORDAN, Marcelo. **Computadores e linguagens nas aulas de Ciências**. Ijuí/RS: Editora da Unijuí, 2013.
- LEVINSON, R.; KENT, P.; PRATT, D.; KAPADIA, R.; YOGUI, C. Risk-based decision making in a scientific issue. *Science Education*, v. 96, n. 2, p. 212-233, 2012.
- LIMA, G. S.; GIORDAN, M. O movimento docente para o uso da divulgação científica em sala de aula: um modelo a partir da teoria da atividade. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 18, n. 2, p. 492-520, 2018. DOI: <https://doi.org/10.28976/1984-2686rbpec2018182493>
- LOPES, Alice C.; MACEDO, Elizabeth. **Teorias de currículo**. São Paulo: Cortez, 2011.
- PRENSKY, M. **Não me atrapalhe, mãe – eu estou aprendendo!**. São Paulo: Phorte, 2010.
- SAVIANI, D. **Pedagogia histórico-crítica, quadragésimo ano**: novas aproximações. Campinas: Autores Associados, 2019.
- SCHENK, L.; HAMZA, K. M.; ENGHAG, M.; LUNDEGARD, I.; ARVVANITIS, L.; HAGLUND, K.; WOJCIC, A. Teaching and discussing about risk. *International Journal of Science Education*, v. 41, n. 9, p. 1271-1286, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1080/09500693.2019.1606961>.
- UNESCO. **Educação para os objetivos de desenvolvimento sustentável**: objetivos de aprendizagem. Brasília, DF: UNESCO, 2017.
- ZEIDLER, D. L. STEM education: a deficit framework for the twenty first century? A sociocultural socioscientific response. *Cultural Studies in Science Education*, v. 11, p. 11-26, 2016. DOI: <http://doi.org/10.1007/s11422-014-9578-z>
- ZEIDLER, D. L.; SADRER, T. D.; SIMMONS, M. L.; HOWES, E.V. Beyond STS: a research-based framework for socioscientific issues education. *Science Education*, v. 89, n. 3, p. 357-377, 2005.

FÍSICA

- ASTOLFI, Jean-Pierre *et al.*. **As palavras-chave da didática das Ciências**. Lisboa: Instituto Piaget, 2002.
- BACHELARD, G. **O racionalismo aplicado**. Rio de Janeiro: Zahar, 1977.
- BACHELARD, Gaston. **A formação do espírito científico**: contribuições para uma psicanálise do conhecimento. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.
- BORGES NETO, José. **Ensaio de Filosofia da Linguística**. Parábola: Rio de Janeiro, 2004.
- BUNGE, Mario. **Teoria e realidade**. São Paulo: Perspectiva, 2008.
- BRONOWSK, Jacob. **The origins of knowledge and imagination**. Chicago: Yale University Press, 1978.
- ECHEVERRÍA, M. P. P.; POZO, J. I. Aprender a resolver problemas e resolver problemas para aprender. In: POZO, J. I. (org.). **A solução de problemas**: aprender a resolver, resolver para aprender. Porto Alegre: ArtMed, 1998.
- GIL-PÉREZ, D.; MARTINEZ-TORREGROSA, J.; RAMIREZ, L.; DUMAS-CARRÉ, A.; GOFARD, M.; CARVALHO, A. M. P. Questionando a didática da resolução de problemas: elaboração de um modelo alternativo. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, Florianópolis, v. 9, n. 1, p. 7-19, abr. 1992.
- KARAM, Ricardo; PIETROCOLA, Mauricio. Habilidades técnicas versus habilidades estruturantes: resolução de problemas e o papel da matemática como estruturante do pensamento físico. *Alexandria*, Florianópolis, v. 2, n. 2, p. 181-205, 2009.
- KUHN, Thomas. **Estrutura das revoluções científicas**. São Paulo: Perspectiva, 2010.
- MEIRIEU, Philippe. **Aprender... sim, mas como?**. 7. ed. Porto Alegre: Artes Médicas, 1998.
- PATY, Michel. The idea of quantity at the origin of the legitimacy of mathematization in physics. In: CONFERENCE ON THE PHILOSOPHY OF MARX WARTOFSKY, 1999, New York: New School University, 1999.
- PATY, Michel. **Aprofundamento da matemática, alargamento da racionalidade**. Michel Paty in Participação à Homenagem a Professora Maria Laura Mouzinho Leite Lopes, Museu de Astronomia e Ciências Afins (MAST/CNPq), Rio de Janeiro, 22 mai de 2000.
- PIETROCOLA, Maurício. Construção e realidade: o realismo científico de Mário Bunge e o ensino de Ciências através de modelos. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 4, n. 3, p. 213-227, 1999.

- PIETROCOLA, Maurício. A Matemática como estruturante do conhecimento físico. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v.19, n.1, p. 88-108, ago. 2002.
- PINHEIRO, Terezinha; PIETROCOLA, Maurício. Modelização de variáveis: uma maneira de caracterizar o papel estruturador da matemática no conhecimento científico. In: PIETROCOLA, Maurício. **Ensino de Física**: conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora. Florianópolis/Brasília: Editora da UFSC/INEP, 2005. p. 23-45
- RICARDO, Elio. Problematização e contextualização no Ensino de Física. In: CARVALHO, Anna M. P. **Ensino de Física**. São Paulo: Cengage Learning, 2010. p. 29-51. (Coleção Ideias em Ação).
- ROTH, W-M. Competent workplace mathematics: how signs become transparent in use. *International Journal of Computers for Mathematical Learning*, v. 8, n. 3, p. 161-189, 2003.
- RYAN, A. G.; AIKENHEAD, G. S. The development of a new instrument: views on science – technology – society (VOST). *Science Education*, v. 76, n. 5, p. 477-491, 1992.
- SEWELL, W. H. Jr. **Logics of history**: social theory and social transformation. Chicago: The University of Chicago Press, 2005.
- SILVA, C. C.; MARTINS, R. A. Polar and axial vectors versus quaternions. *American Journal of Physics*, v. 70, p. 958-963, 2002.
- SIMON, S., A adequação de teorias Matemáticas às teorias Físicas: a teoria da relatividade. In: PIETROCOLA, M.; FREIRE JUNIOR, O. Filosofia, Ciência e História. São Paulo: Discurso, 2005.
- STEWART, J. **Cálculo**. 5. Ed. São Paulo: Thomson Learning, 2007. v.1.
- SUTTON C. Beliefs about science and beliefs about language. *Internacional Journal of Science Education*, v. 18, n. 1, p. 1-18, 1996.
- TUMINARO, J.; REDISH, E. F. Elements of a cognitive model of physics problem solving: epistemic games. *Physical Review Special Topics, Physics Education Research*, v. 3, n. 2, p. 1- 22, 2007.
- VIGOTSKI, L. C. **A formação social da mente**. São Paulo: Martins Fontes, 1991.
- VLASSIS, Joëlle; DEMONTY, Isabelle. **A álgebra ensinada por situações-problemas**. Trad. Teresa Serpa. Lisboa: Instituto Piaget, 2002.
- ZYLBERSZTAJN, A. Resolução de problemas: uma perspectiva kuhniana. In: ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, 6., 1998, Florianópolis. *Atas* [...]. Florianópolis, 1998. (CD-ROM).

QUÍMICA

ARAÚJO-NETO. A noção clássica de valência e o limiar da representação estrutural. **Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola**, v. 7, p. 13-24, 2007.

BRASIL. **Lei nº 13.415, de 16 de fevereiro de 2017**. Altera as Leis nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996, que estabelece as diretrizes e bases da educação nacional, e 11.494, de 20 de junho 2007, que regulamenta o Fundo de Manutenção e Desenvolvimento da Educação Básica e de Valorização dos Profissionais da Educação, a Consolidação das Leis do Trabalho - CLT, aprovada pelo Decreto-Lei nº 5.452, de 1º de maio de 1943, e o Decreto-Lei nº 236, de 28 de fevereiro de 1967; revoga a Lei nº 11.161, de 5 de agosto de 2005; e institui a Política de Fomento à Implementação de Escolas de Ensino Médio em Tempo Integral. Brasília, DF, 2017a.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular: Ensino Médio**. Brasília, DF: MEC, 2017b.

CHASSOT, A. **Alfabetização científica**. 8. ed. Ijuí, RS: Unijuí, 2018.

DALTON, J. *New System of Chemical Philosophy*. Londres: R. Bickerstaff, 1808. p. 218-9.

ECHVEVERRÍA, A. R.; ZANON, L. B. (org.). **Formação superior em química no Brasil**. Ijuí, RS: Unijuí, 2016.

GIORDAN, M. **Computadores e linguagens nas aulas de ciências**. Ijuí-RS: Unijuí, 2008.

GIORDAN, M.; SILVA NETO, A. B.; AIZAWA, A. Relações entre gestos e operações epistêmicas mediadas pela representação estrutural em aulas de Química e suas implicações para a produção de significados. **Química Nova na Escola**, v. 37, p. 92-84, 2015.

HENDRY, F. R. Two conceptions of chemical bond. **Philosophy of Science**, v. 75, p. 909-920, 2008.

KEKULÉ, A. *Lehrbuch der Organischen Chemie*. Stuttgart: Verlag von Ferdinand Enke, 1892.

LASZLO, P. **A palavra das coisas ou a linguagem da química**. Lisboa: Gradiva, 1995.

LAVOISIER, A-L. **Tratado elementar de química**. São Paulo: Madras, 2005.

LOPES, A. R. C. **Conhecimento escolar: ciência e cotidiano**. Rio de Janeiro: UERJ, 1999.

MACHADO, A. H. **Aula de Química**. Ijuí: Unijuí, 1999.

MALDANER, O. A. **A formação inicial e continuada de professores de química: professores/pesquisadores**. Ijuí, RS: Unijuí, 2000.

MALDANER, O. A.; MAHCADO, P.F.L.; SANTOS, W.L.P. (org.). **Ensino de Química em foco**. Ijuí, RS: Unijuí, 2019.

MORTIMER, E. F. **Linguagem e formação de conceitos no ensino de Ciências**. Belo Horizonte: UFMG, 2000.

MORTIMER, E. F.; QUADROS, A. L. (org.). **Multimodalidade no Ensino Superior**. 1. ed. Ijuí, RS: UNIJUÍ, 2018.

QUADROS, A. L.; GIORDAN, M. Rotas de transição modal e o ensino de representações envolvidas no modelo cinético molecular. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 24, p. 74-100, 2019.

ROSA, M. I. P.; ROSSI, A.V. **Educação Química no Brasil: memórias, políticas e tendências**. 2. ed. Campinas, SP: Átomo, 2012.

SANTOS, W. L. P.; SCHNETZLER, R. P. **Educação em Química: compromisso com a cidadania**. Ijuí, RS: Unijuí, 2000.

SANTOS FILHO, P. F. **Estrutura atômica & ligação química**. 2. ed. Campinas: autor-editor, 2007.

SCERRI, E. R. The ambiguity of reduction. **HYLE-International Journal for Philosophy of Chemistry**, v. 13, p. 67-81, 2007.

TAVARES, M.T.; PRIMI, M.C.; POLI, M.C.; FERREIRA, E.L.; PARISE-FILHO, R. Interações fármaco-receptor. **Química Nova**, 2015.

VANT' HOFF, J.H. *La Chimie dans l'espace*, 1874

VIANA, H. E. B.; PORTO, P. A. O processo de construção da teoria atômica de John Dalton. **Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola**, v. 7, p. 4-12, 2007.

VIGOTSKI, L. S. **A construção do pensamento e da linguagem**. São Paulo: Martins Fontes, 2001.

ZUO, J. M.; KIM, M.; O'KEEFE, M; SPENCE, J.C.H. Direct observation of d-orbital holes and Cu-Cu bonding in Cu₂O. **Nature**, v. 401, p. 49-52, 1999.

ZUCCO, C.; PESSINE, F. B. T.; ANDRADE, J. B. Diretrizes curriculares para os cursos de química. **Química Nova**, v. 22, n. 3, p. 454-461, 1999. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-40421999000300027>.

BIOLOGIA

GARRET, R. M. Resolver problemas en la enseñanza de las ciencias. **Alambique Didáctica de las Ciencias Experimentales**, n. 5, 1995.

JACOB, F. **A lógica da vida**. Rio de Janeiro: Graal, 1983.

JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P.; CRUJEIRAS, B. Epistemic practices and scientific practices in science education. In: TABER, K. S.; AKPAN, B. (ed.) **Science education: an international course companion**. Rotterdam: Sense Publishers, 2017.

JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P. La variabilidad en la descendencia: comparación de teorías explicativas. **Alambique Didáctica de las Ciencias Experimentales**, n. 8, 1996.

KELLY, G. J.; LICONA, P. Epistemic practices and science education. In: MATTHEWS, M. (ed.). **History, philosophy and science teaching: new research perspectives**. Springer: Dordrecht, 2018.

MADER, S. S. **Biology**. New York: McGraw-Hill, 2010.

MAYR, E. **Biologia, ciência única**. São Paulo: Companhia das Letras, 2005.

MILLE, K. R.; LEVINE, J. **Biology**. Boston: Pearson Prentice Hall, 2008.

ROTH, W. M.; POZZER-ARDENGI, L. Pictures in Biology Education. In: TREAGUST, D. F.; TSUI, C.Y. (ed.) **Multiple representations in biological education, models and modeling in science education**. New York London: Springer Science Business Media, 2013.

ROVIRA, M. P. G.; SANMARTÍ, N. Las bases de orientación: un instrumento para enseñar a pensar teóricamente en biología. **Alambique Didáctica de las Ciencias Experimentales**, n.16, 1998.

SUTTON, C. Ideas sobre la ciencia e ideas sobre el lenguaje. **Alambique Didáctica de las Ciencias Experimentales**, n. 12, 1997.

TRIVELATO, S. F.; SILVA, R. L. F. **Ensino de Ciências**. São Paulo: Cengage, 2011.

TRIVELATO, S. F.; TONIDANDEL, S. M. R. Ensino por investigação: eixos organizadores para sequências de ensino de biología. **Ensaio**, Belo Horizonte, v. 17, p. 97-114, 2015.



Organização
das Nações Unidas
para a Educação,
a Ciência e a Cultura

Cooperação
**Representação
no Brasil**



**CURRÍCULO
da CIDADE**



**CIDADE DE
SÃO PAULO
EDUCAÇÃO**

