

# Parâmetros Curriculares Nacionais

## Ensino Médio

Secretaria de Educação Média e Tecnológica

**Ruy Leite Berger Filho**

Coordenação Geral de Ensino Médio

**Avelino Romero Simões Pereira**

Coordenação da elaboração dos PCNEM

**Eny Marisa Maia**

PARÂMETROS CURRICULARES NACIONAIS (ENSINO MÉDIO)

Parte I - Bases Legais

Parte II - Linguagens, Códigos e suas Tecnologias

Parte III - Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias

Parte IV - Ciências Humanas e suas Tecnologias

## Parte III

# Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias

### **Coordenador da Área:**

Luís Carlos de Menezes

### **Consultores:**

Kátia Cristina Stocco Smole

Luiz Roberto Moraes Pitombo

Maria Eunice Marcondes

Maria Ignez de Souza Vieira Diniz

Maria Izabel Iório Sonsine

Maria Regina Dubeux Kawamura

Miguel Castilho Junior

Yassuko Hosoume

# Sumário

<b>Apresentação.....</b>	<b>04</b>
<b>O sentido do aprendizado na área .....</b>	<b>06</b>
<b>Competências e habilidades .....</b>	<b>12</b>
Conhecimentos de Biologia.....	15
Conhecimentos de Física .....	24
Conhecimentos de Química .....	32
Conhecimentos de Matemática .....	42
<b>Rumos e desafios.....</b>	<b>9</b>
<b>Bibliografia.....</b>	<b>58</b>

## Apresentação

Esta é uma proposta para o Ensino Médio, no que se relaciona às competências indicadas na Base Nacional Comum, correspondentes à área de Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Pretende, portanto, uma explicitação das habilidades básicas, das competências específicas, que se espera sejam desenvolvidas pelos alunos em Biologia, Física, Química e Matemática nesse nível escolar, em decorrência do aprendizado dessas disciplinas e das tecnologias a elas relacionadas. Lado a lado com documentos correspondentes, produzidos pelas outras duas áreas, esse texto traz elementos para a implementação das diretrizes para o Ensino Médio.

O claro entendimento estabelecido pela Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB/96) do caráter do Ensino Médio como etapa final da Educação Básica, complementando o aprendizado iniciado no Ensino Fundamental, foi um primeiro referencial sobre o qual se desenvolveu a presente proposta de área. Os objetivos educacionais do Ensino Médio, já sinalizados por subsídio produzido pela SEMTEC/MEC e encaminhado para a Câmara de Educação Básica do Conselho Nacional de Educação, foram interpretados e detalhados por Resolução recente (01/06/98).

Esses subsídios e essa Resolução estabeleceram um segundo importante referencial.

Tais referenciais já direcionam e organizam o aprendizado, no Ensino Médio, das Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias, no sentido de se produzir um conhecimento efetivo, de significado próprio, não somente propedêutico. De certa forma, também organizam o aprendizado de suas disciplinas, ao manifestarem a busca de interdisciplinaridade e contextualização e ao detalharem, entre os objetivos educacionais amplos desse nível de ensino, uma série de competências humanas relacionadas a conhecimentos matemáticos e científico-tecnológicos. Referenda-se uma visão do Ensino Médio de caráter amplo, de forma que os aspectos e conteúdos tecnológicos associados ao aprendizado científico e matemático sejam parte essencial da formação cidadã de sentido universal e não somente de sentido profissionalizante.

No sentido desses referenciais, este documento procura apresentar, na seção sobre *O Sentido do aprendizado na área*, uma proposta para o Ensino Médio que, sem ser profissionalizante, efetivamente propicie um aprendizado útil à vida e ao trabalho, no qual as informações, o conhecimento, as competências, as habilidades e os valores desenvolvidos sejam instrumentos reais de percepção, satisfação, interpretação, julgamento, atuação, desenvolvimento pessoal ou de aprendizado permanente, evitando tópicos cujos sentidos só possam ser compreendidos em outra etapa de escolaridade.

A recomendação de contextualização serve, dessa forma, a esses mesmos propósitos. Essa seção é aberta com um texto introdutório, de caráter mais geral, que apresenta sinteticamente os objetivos educacionais da área, revelando como estes se realizam em direta associação com os objetivos explícitos das outras duas áreas nas quais se organiza o Ensino Médio. Ainda nessa seção está o cerne conceitual deste documento, ou seja, a série de proposições correspondentes aos aprendizados

de Biologia, de Física, Química e Matemática, dedicadas a aprofundar a descrição das competências específicas a serem desenvolvidas pelas disciplinas, explicitando também de que forma as tecnologias a elas associadas podem ou devem ser tratadas. Como fecho da seção, apresenta-se uma síntese das competências centrais a serem promovidas no âmbito de cada disciplina. Também nessa síntese, vê-se a clara interface com as demais áreas do conhecimento.

Na seção *Rumos e Desafios*, discute-se o processo de ensino-aprendizagem, a metodologia, os enfoques, as estratégias e os procedimentos educacionais para o ensino da área. Um breve histórico de algumas décadas de evolução desse ensino abre essa seção, seguido de uma discussão geral das condições de ensino, dos desafios para sua modificação e para o encaminhamento pedagógico das propostas apresentadas na seção anterior.

Sempre que pertinente, serão destacados aspectos das didáticas específicas para o ensino de Matemática, Biologia, Física e Química. Entre os desafios, para superar deficiências, carências e equívocos, aponta-se a necessidade da convergência de toda a comunidade escolar em torno de um projeto pedagógico que faça a articulação não só das disciplinas de cada área, mas também de todas as áreas, tendo como objetivo central a realização dos objetivos educacionais da escola, a qualificação e promoção de todos os alunos.

A primeira versão deste documento, de dezembro de 1997, anterior portanto à deliberação CNE/98, já era de certa forma convergente com ela, até porque já partia da compreensão do Ensino Médio expressa pela LDB/96, assim como levava em conta outras iniciativas.<sup>1</sup> Uma primeira consulta foi feita a educadores próximos às temáticas do Ensino Médio, particularmente a especialistas no ensino de Ciências e de Matemática. Um retorno parcial dessa consulta já forneceu elementos para uma revisão daquele documento, já incorporada ao atual. Entre as modificações que podem ser facilmente identificadas, não há na presente versão um detalhamento maior das temáticas disciplinares, coisa que, eventualmente, será promovida em outro momento e por outro instrumento. Assuntos relacionados a outras Ciências, como Geologia e Astronomia, serão tratados em Biologia, Física e Química, no contexto interdisciplinar que preside o ensino de cada disciplina e o do seu conjunto. Como já está dito, esta versão não pretendeu nem pode lidar com esse detalhamento. Nesse primeiro esforço de revisão, foi também importante ter tomado conhecimento de novas iniciativas<sup>2</sup> e ter acompanhado as etapas de elaboração e discussão do parecer que encaminhou a resolução finalmente aprovada pelo Conselho Nacional de Educação<sup>3</sup>.

## O sentido do aprendizado na área

A LDB/96, ao considerar o Ensino Médio como última e complementar etapa da Educação Básica, e a Resolução CNE/98, ao instituir as Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio, que organizam as áreas de conhecimento e orientam a educação à promoção de valores como a sensibilidade e a solidariedade, atributos da cidadania, apontam de que forma o aprendizado de Ciências e de Matemática, já iniciado no Ensino Fundamental, deve encontrar complementação e aprofundamento no Ensino Médio. Nessa nova etapa, em que já se pode contar com uma maior maturidade do aluno, os objetivos educacionais podem passar a ter maior ambição formativa, tanto em termos da natureza das informações tratadas, dos procedimentos e atitudes envolvidas, como em termos das habilidades, competências e dos valores desenvolvidos.

Mais amplamente integrado à vida comunitária, o estudante da escola de nível médio já tem condições de compreender e desenvolver consciência mais plena de suas responsabilidades e direitos, juntamente com o aprendizado disciplinar.

No nível médio, esses objetivos envolvem, de um lado, o aprofundamento dos saberes disciplinares em Biologia, Física, Química e Matemática, com procedimentos científicos pertinentes aos seus objetos de estudo, com metas formativas particulares, até mesmo com tratamentos didáticos específicos. De outro lado, envolvem a articulação interdisciplinar desses saberes, propiciada por várias circunstâncias, dentre as quais se destacam os conteúdos tecnológicos e práticos, já presentes junto a cada disciplina, mas particularmente apropriados para serem tratados desde uma perspectiva integradora.

Note-se que a interdisciplinaridade do aprendizado científico e matemático não dissolve nem cancela a indiscutível disciplinaridade do conhecimento. O grau de especificidade efetivamente presente nas distintas ciências, em parte também nas tecnologias associadas, seria difícil de se aprender no Ensino Fundamental, estando naturalmente reservado ao Ensino Médio. Além disso, o conhecimento científico disciplinar é parte tão essencial da cultura contemporânea que sua presença na Educação Básica e, conseqüentemente, no Ensino Médio, é indiscutível. Com isso, configuram-se as características mais distintivas do Ensino Médio, que interessam à sua organização curricular.

Os objetivos do Ensino Médio em cada área do conhecimento devem envolver, de forma combinada, o desenvolvimento de conhecimentos práticos, contextualizados, que respondam às necessidades da vida contemporânea, e o desenvolvimento de conhecimentos mais amplos e abstratos, que correspondam a uma cultura geral e a uma visão de mundo. Para a área das Ciências da Natureza, Matemática e Tecnologias, isto é particularmente verdadeiro, pois a crescente valorização do conhecimento e da capacidade de inovar demanda cidadãos capazes de aprender continuamente, para o que é essencial uma formação geral e não apenas um treinamento específico.

Ao se denominar a área como sendo não só de Ciências e Matemática, mas também de suas Tecnologias, sinaliza-se claramente que, em cada uma de suas disciplinas, pretende-se promover competências e habilidades que sirvam para o exercício de intervenções e julgamentos práticos. Isto

significa, por exemplo, o entendimento de equipamentos e de procedimentos técnicos, a obtenção e análise de informações, a avaliação de riscos e benefícios em processos tecnológicos, de um significado amplo para a cidadania e também para a vida profissional.

Com esta compreensão, o aprendizado deve contribuir não só para o conhecimento técnico, mas também para uma cultura mais ampla, desenvolvendo meios para a interpretação de fatos naturais, a compreensão de procedimentos e equipamentos do cotidiano social e profissional, assim como para a articulação de uma visão do mundo natural e social. Deve propiciar a construção de compreensão dinâmica da nossa vivência material, de convívio harmônico com o mundo da informação, de entendimento histórico da vida social e produtiva, de percepção evolutiva da vida, do planeta e do cosmos, enfim, um aprendizado com caráter prático e crítico e uma participação no romance da cultura científica, ingrediente essencial da aventura humana.

Uma concepção assim ambiciosa do aprendizado científico-tecnológico no Ensino Médio, diferente daquela hoje praticada na maioria de nossas escolas, não é uma utopia e pode ser efetivamente posta em prática no ensino da Biologia, da Física, da Química e da Matemática, e das tecnologias correlatas a essas ciências. Contudo, toda a escola e sua comunidade, não só o professor e o sistema escolar, precisam se mobilizar e se envolver para produzir as novas condições de trabalho, de modo a promover a transformação educacional pretendida.

A condução de um aprendizado com essas pretensões formativas, mais do que do conhecimento científico e pedagógico acumulado nas didáticas específicas de cada disciplina da área, depende do conjunto de práticas bem como de novas diretrizes estabelecidas no âmbito escolar, ou seja, de uma compreensão amplamente partilhada do sentido do processo educativo. O aprendizado dos alunos e dos professores e seu contínuo aperfeiçoamento devem ser construção coletiva, num espaço de diálogo propiciado pela escola, promovido pelo sistema escolar e com a participação da comunidade.

Um dos pontos de partida para esse processo é tratar, como conteúdo do aprendizado matemático, científico e tecnológico, elementos do domínio vivencial dos educandos, da escola e de sua comunidade imediata. Isso não deve delimitar o alcance do conhecimento tratado, mas sim dar significado ao aprendizado, desde seu início, garantindo um diálogo efetivo. A partir disso, é necessário e possível transcender a prática imediata e desenvolver conhecimentos de alcance mais universal. Muitas vezes, a vivência, tomada como ponto de partida, já se abre para questões gerais, por exemplo, quando através dos meios de comunicação os alunos são sensibilizados para problemáticas ambientais globais ou questões econômicas continentais. Nesse caso, o que se denomina vivencial tem mais a ver com a familiaridade dos alunos com os fatos do que com esses fatos serem parte de sua vizinhança física e social.

Um Ensino Médio concebido para a universalização da Educação Básica precisa desenvolver o saber matemático, científico e tecnológico como condição de cidadania e não como prerrogativa de especialistas. O aprendizado não deve ser centrado na interação individual de alunos com materiais instrucionais, nem se resumir à exposição de alunos ao discurso professoral, mas se realizar pela participação ativa de cada um e do coletivo educacional numa prática de elaboração cultural. É na

proposta de condução de cada disciplina e no tratamento interdisciplinar de diversos temas que esse caráter ativo e coletivo do aprendizado afirmar-se-á.

As modalidades exclusivamente pré-universitárias e exclusivamente profissionalizantes do Ensino Médio precisam ser superadas, de forma a garantir a pretendida universalidade desse nível de ensino, que igualmente contemple quem encerre no Ensino Médio sua formação escolar e quem se dirija a outras etapas de escolarização. Para o Ensino Médio meramente propedêutico atual, disciplinas científicas, como a Física, têm omitido os desenvolvimentos realizados durante o século XX e tratam de maneira enciclopédica e excessivamente dedutiva os conteúdos tradicionais. Para uma educação com o sentido que se deseja imprimir, só uma permanente revisão do que será tratado nas disciplinas garantirá atualização com o avanço do conhecimento científico e, em parte, com sua incorporação tecnológica. Como cada ciência, que dá nome a cada disciplina, deve também tratar das dimensões tecnológicas a ela correlatas, isso exigirá uma atualização de conteúdos ainda mais ágil, pois as aplicações práticas têm um ritmo de transformação ainda maior que o da produção científica.

Nunca é demais insistir que não se trata de se incorporar elementos da ciência contemporânea simplesmente por conta de sua importância instrumental utilitária. Trata-se, isso sim, de se prover os alunos de condições para desenvolver uma visão de mundo atualizada, o que inclui uma compreensão mínima das técnicas e dos princípios científicos em que se baseiam. Vale a pena lembrar que, lado a lado com uma demarcação disciplinar, é preciso desenvolver uma articulação interdisciplinar, de forma a conduzir organicamente o aprendizado pretendido. A interdisciplinaridade tem uma variedade de sentidos e de dimensões que podem se confundir, mas são todos importantes.

Uma compreensão atualizada do conceito de energia, dos modelos de átomo e de moléculas, por exemplo, não é algo “da Física”, pois é igualmente “da Química”, sendo também essencial à Biologia molecular, num exemplo de conceitos e modelos que transitam entre as disciplinas. A poluição ambiental, por sua vez, seja ela urbana ou rural, do solo, das águas ou do ar, não é algo só “biológico”, só “físico” ou só “químico”, pois o ambiente, poluído ou não, não cabe nas fronteiras de qualquer disciplina, exigindo, aliás, não somente as Ciências da Natureza, mas também as Ciências Humanas, se se pretender que a problemática efetivamente sócio-ambiental possa ser mais adequadamente equacionada, num exemplo da interdisciplinaridade imposta pela temática real.

O princípio físico da conservação da energia, essencial na interpretação de fenômenos naturais e tecnológicos, pode ser verificado em processos de natureza biológica, como a fermentação, ou em processos químicos, como a combustão, contando em qualquer caso com o instrumental matemático para seu equacionamento e para sua quantificação. Incontáveis processos, como os de evaporação e condensação, dissolução, emissão e recepção de radiação térmica e luminosa, por exemplo, são objetos de sistematização na Biologia, na Física e na Química. Sua participação essencial nos ciclos da água e na fotossíntese, os situa como partícipes de processos naturais. Por outro lado, esses processos são essenciais para a compreensão da apropriação humana dos ciclos materiais e energéticos, como o uso da hidreletricidade e da biomassa. Portanto, evidencia-se também seu sentido tecnológico, associado à economia e à organização social.



Assim, a consciência desse caráter interdisciplinar ou transdisciplinar, numa visão sistêmica, sem cancelar o caráter necessariamente disciplinar do conhecimento científico mas completando-o, estimula a percepção da inter-relação entre os fenômenos, essencial para boa parte das tecnologias, para a compreensão da problemática ambiental e para o desenvolvimento de uma visão articulada do ser humano em seu meio natural, como construtor e transformador deste meio. Por isso tudo, o aprendizado deve ser planejado desde uma perspectiva a um só tempo multidisciplinar e interdisciplinar, ou seja, os assuntos devem ser propostos e tratados desde uma compreensão global, articulando as competências que serão desenvolvidas em cada disciplina e no conjunto de disciplinas, em cada área e no conjunto das áreas. Mesmo dentro de cada disciplina, uma perspectiva mais abrangente pode transbordar os limites disciplinares.

A Matemática, por sua universalidade de quantificação e expressão, como linguagem portanto, ocupa uma posição singular. No Ensino Médio, quando nas ciências torna-se essencial uma construção abstrata mais elaborada, os instrumentos matemáticos são especialmente importantes. Mas não é só nesse sentido que a Matemática é fundamental. Possivelmente, não existe nenhuma atividade da vida contemporânea, da música à informática, do comércio à meteorologia, da medicina à cartografia, das engenharias às comunicações, em que a Matemática não compareça de maneira insubstituível para codificar, ordenar, quantificar e interpretar compassos, taxas, dosagens, coordenadas, tensões, frequências e quantas outras variáveis houver. A Matemática ciência, com seus processos de construção e validação de conceitos e argumentações e os procedimentos de generalizar, relacionar e concluir que lhe são característicos, permite estabelecer relações e interpretar fenômenos e informações. As formas de pensar dessa ciência possibilitam ir além da descrição da realidade e da elaboração de modelos. O desenvolvimento dos instrumentos matemáticos de expressão e raciocínio, contudo, não deve ser preocupação exclusiva do professor de Matemática, mas dos das quatro disciplinas científico-tecnológicas, preferencialmente de forma coordenada, permitindo-se que o aluno construa efetivamente as abstrações matemáticas, evitando-se a memorização indiscriminada de algoritmos, de forma prejudicial ao aprendizado. A pertinente presença da Matemática no desenvolvimento de competências essenciais, envolvendo habilidades de caráter gráfico, geométrico, algébrico, estatístico, probabilístico, é claramente expressa nos objetivos educacionais da Resolução CNE/98.

O aprendizado disciplinar em Biologia, cujo cenário, a biosfera, é um todo articulado, é inseparável das demais ciências. A própria compreensão do surgimento e da evolução da vida nas suas diversas formas de manifestação demanda uma compreensão das condições geológicas e ambientais reinantes no planeta primitivo. O entendimento dos ecossistemas atuais implica um conhecimento da intervenção humana, de caráter social e econômico, assim como dos ciclos de materiais e fluxos de energia. A percepção da profunda unidade da vida, diante da sua vasta diversidade, é de uma complexidade sem paralelo em toda a ciência e também demanda uma compreensão dos mecanismos de codificação genética, que são a um só tempo uma estereoquímica e uma física da organização molecular da vida. Ter uma noção de como operam esses níveis submicroscópicos da Biologia não é um luxo acadêmico, mas sim um pressuposto para uma compreensão mínima dos mecanismos de hereditariedade e mesmo da biotecnologia

contemporânea, sem os quais não se pode entender e emitir julgamento sobre testes de paternidade pela análise do DNA, a clonagem de animais ou a forma como certos vírus produzem imunodeficiências.

A Física, por sistematizar propriedades gerais da matéria, de certa forma como a Matemática, que é sua principal linguagem, também fornece instrumentais e linguagens que são naturalmente incorporados pelas demais ciências. A cosmologia, no sentido amplo de visão de mundo, e inúmeras tecnologias contemporâneas, são diretamente associadas ao conhecimento físico, de forma que um aprendizado culturalmente significativo e contextualizado da Física transcende naturalmente os domínios disciplinares estritos. E é essa Física que há de servir aos estudantes para compreenderem a geração de energia nas estrelas ou o princípio de conservação que explica a permanente inclinação do eixo de rotação da Terra relativamente ao seu plano de translação.

Também é visão de mundo, além de conhecimento prático essencial a uma educação básica, compreender a operação de um motor elétrico ou de combustão interna, ou os princípios que presidem as modernas telecomunicações, os transportes, a iluminação e o uso clínico, diagnóstico ou terapêutico, das radiações.

Expandindo a sistematização das propriedades gerais da matéria, a Química dá ênfase às transformações geradoras de novos materiais. Ela está presente e deve ser reconhecida nos alimentos e medicamentos, nas fibras têxteis e nos corantes, nos materiais de construção e nos papéis, nos combustíveis e nos lubrificantes, nas embalagens e nos recipientes.

A sobrevivência do ser humano, individual e grupal, nos dias de hoje, cada vez mais solicita os conhecimentos químicos que permitam a utilização competente e responsável desses materiais, reconhecendo as implicações sociopolíticas, econômicas e ambientais do seu uso. Por exemplo, o desconhecimento de processos ou o uso inadequado de produtos químicos podem estar causando alterações na atmosfera, hidrosfera, biosfera e litosfera, sem que, muitas vezes, haja consciência dos impactos por eles provocados. Por outro lado, através de intervenções dirigidas é a Química quem contribui para a qualidade do ar que respiramos e da água que bebemos, insubstituível em sua função no monitoramento e na recuperação ambiental. O entendimento dessas transformações exige visão integrada da Química, da Física e da Biologia, recorrendo ao instrumental matemático apropriado, mostrando a necessidade das interações entre esses saberes.

O que chama atenção, nessa sequência de elementos disciplinares e interdisciplinares, mais do que a relação entre as disciplinas da área, são as pontes com as disciplinas das outras áreas. A problemática sócio-ambiental e as questões econômico produtivas são científico-tecnológicas e são histórico-geográficas. As informações tecnológicas e científicas, dotadas de seus códigos matemáticos, seus símbolos e ícones, também constituem uma linguagem. Na realidade, o aprendizado das Ciências da Natureza e da Matemática deve se dar em estreita proximidade com Linguagens e Códigos, assim como com as Ciências Humanas. Essas decorrências da interdisciplinaridade são objeto de atenção explícita do CNE/98. Os objetivos da educação no Ensino Médio apresentados nesta Resolução deverão ser cumpridos pelas disciplinas de cada uma das três áreas de conhecimento, ou seja, a de *Linguagens e Códigos*, a de *Ciências da Natureza e Matemática* e a de *Ciências Humanas*, cada uma delas acompanhada de suas *Tecnologias*. Os

objetivos explicitamente atribuídos à área de Ciências e Matemática incluem compreender as Ciências da Natureza como construções humanas e a relação entre conhecimento científico-tecnológico e a vida social e produtiva; objetivos usualmente restritos ao aprendizado das *Ciências Humanas*. Igualmente, à área de *Linguagens e Códigos* se atribuem objetivos comuns com a *Ciências da Natureza e Matemática*.

Esses objetivos, compatíveis com valores e atitudes que se pretende desenvolver, como os referidos no texto introdutório, podem ser agrupados por competências e habilidades. Podem também ser reunidos tendo em vista as interfaces com as outras duas áreas do conhecimento, no sentido do que se comentou anteriormente. Os objetivos ou competências atribuíveis à área de *Ciência da Natureza, Matemática e suas Tecnologias* podem ser subagrupados, de forma a contemplar ambos esses critérios. Assim, juntam-se as competências e habilidades de caráter mais específico, na categoria *investigação e compreensão* científica e tecnológica; aquelas que, de certa forma, se direcionam no sentido da *representação e comunicação* em Ciência e Tecnologia estão associadas a *Linguagem e Códigos*; finalmente, aquelas relacionadas com a *contextualização sócio-cultural e histórica* da ciência e da tecnologia se associam a *Ciências Humanas*.

No quadro-resumo a seguir, o elenco dos principais objetivos formativos é apresentado, respeitando ambos os critérios mencionados. Não se trata simplesmente de classificar mais ou melhor as competências e habilidades almejadas, mas, sobretudo, de apontar a convergência dos esforços formativos das três áreas, sublinhando também a possibilidade de articulação com os objetivos educacionais. Dessa forma, as competências e habilidades explicitadas no quadro sintético a seguir, que conferem unidade ao ensino das diferentes disciplinas da área de *Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias*, podem orientar o trabalho integrado dos professores dessa área e também preparar a articulação de seus esforços com os professores das outras duas áreas, consubstanciando assim o programa educativo ou o projeto pedagógico, que resulta de uma ação convergente para a formação dos alunos.

# Competências e habilidades

## **Representação e comunicação**

Desenvolver a capacidade de comunicação.

- Ler e interpretar textos de interesse científico e tecnológico.
- Interpretar e utilizar diferentes formas de representação (tabelas, gráficos, expressões, ícones...).
- Expressar-se oralmente com correção e clareza, usando a terminologia correta.
- Produzir textos adequados para relatar experiências, formular dúvidas ou apresentar conclusões.
- Utilizar as tecnologias básicas de redação e informação, como computadores.
- Identificar variáveis relevantes e selecionar os procedimentos necessários para a produção, análise e interpretação de resultados de processos e experimentos científicos e tecnológicos.
- Identificar, representar e utilizar o conhecimento geométrico para aperfeiçoamento da leitura, da compreensão e da ação sobre a realidade.
- Identificar, analisar e aplicar conhecimentos sobre valores de variáveis, representados em gráficos, diagramas ou expressões algébricas, realizando previsão de tendências, extrapolações e interpolações e interpretações.
- Analisar qualitativamente dados quantitativos representados gráfica ou algebricamente relacionados a contextos sócio-econômicos, científicos ou cotidianos.

## **Investigação e compreensão**

Desenvolver a capacidade de questionar processos naturais e tecnológicos, identificando regularidades, apresentando interpretações e prevendo evoluções. Desenvolver o raciocínio e a capacidade de aprender.

- Formular questões a partir de situações reais e compreender aquelas já enunciadas.
- Desenvolver modelos explicativos para sistemas tecnológicos e naturais.
- Utilizar instrumentos de medição e de cálculo.
- Procurar e sistematizar informações relevantes para a compreensão da situação-problema.
- Formular hipóteses e prever resultados.
- Elaborar estratégias de enfrentamento das questões.
- Interpretar e criticar resultados a partir de experimentos e demonstrações.
- Articular o conhecimento científico e tecnológico numa perspectiva interdisciplinar.
- Entender e aplicar métodos e procedimentos próprios das Ciências Naturais.
- Compreender o caráter aleatório e não determinístico dos fenômenos naturais e sociais e utilizar instrumentos adequados para medidas, determinação de amostras e cálculo de probabilidades.

- Fazer uso dos conhecimentos da Física, da Química e da Biologia para explicar o mundo natural e para planejar, executar e avaliar intervenções práticas.
- Aplicar as tecnologias associadas às Ciências Naturais na escola, no trabalho e em outros contextos relevantes para sua vida.

### **Contextualização sócio-cultural**

Compreender e utilizar a ciência, como elemento de interpretação e intervenção, e a tecnologia como conhecimento sistemático de sentido prático.

- Utilizar elementos e conhecimentos científicos e tecnológicos para diagnosticar e equacionar questões sociais e ambientais.
- Associar conhecimentos e métodos científicos com a tecnologia do sistema produtivo e dos serviços.
- Reconhecer o sentido histórico da ciência e da tecnologia, percebendo seu papel na vida humana em diferentes épocas e na capacidade humana de transformar o meio.
- Compreender as ciências como construções humanas, entendendo como elas se desenvolveram por acumulação, continuidade ou ruptura de paradigmas, relacionando o desenvolvimento científico com a transformação da sociedade.
- Entender a relação entre o desenvolvimento de Ciências Naturais e o desenvolvimento tecnológico e associar as diferentes tecnologias aos problemas que se propuser e se propõe solucionar.
- Entender o impacto das tecnologias associadas às Ciências Naturais, na sua vida pessoal, nos processos de produção, no desenvolvimento do conhecimento e na vida social.

## Conhecimentos de Biologia

Cada ciência particular possui um código intrínseco, uma lógica interna, métodos próprios de investigação, que se expressam nas teorias, nos modelos construídos para interpretar os fenômenos que se propõe a explicar. Apropriar-se desses códigos, dos conceitos e métodos relacionados a cada uma das ciências, compreender a relação entre ciência, tecnologia e sociedade, significa ampliar as possibilidades de compreensão e participação efetiva nesse mundo.

É objeto de estudo da Biologia o fenômeno vida em toda sua diversidade de manifestações. Esse fenômeno se caracteriza por um conjunto de processos organizados e integrados, no nível de uma célula, de um indivíduo, ou ainda de organismos no seu meio. Um sistema vivo é sempre fruto da interação entre seus elementos constituintes e da interação entre esse mesmo sistema e demais componentes de seu meio. As diferentes formas de vida estão sujeitas a transformações, que ocorrem no tempo e no espaço, sendo, ao mesmo tempo, propiciadoras de transformações no ambiente.

Ao longo da história da humanidade, várias foram as explicações para o surgimento e a diversidade da vida, de modo que os modelos científicos conviveram e convivem com outros sistemas explicativos como, por exemplo, os de inspiração filosófica ou religiosa. O aprendizado da Biologia deve permitir a compreensão da natureza viva e dos limites dos diferentes sistemas explicativos, a contraposição entre os mesmos e a compreensão de que a ciência não tem respostas definitivas para tudo, sendo uma de suas características a possibilidade de ser questionada e de se transformar. Deve permitir, ainda, a compreensão de que os modelos na ciência servem para explicar tanto aquilo que podemos observar diretamente, como também aquilo que só podemos inferir; que tais modelos são produtos da mente humana e não a própria natureza, construções mentais que procuram sempre manter a realidade observada como critério de legitimação.

Elementos da história e da filosofia da Biologia tornam possível aos alunos a compreensão de que há uma ampla rede de relações entre a produção científica e o contexto social, econômico e político. É possível verificar que a formulação, o sucesso ou o fracasso das diferentes teorias científicas estão associados a seu momento histórico.

O conhecimento de Biologia deve subsidiar o julgamento de questões polêmicas, que dizem respeito ao desenvolvimento, ao aproveitamento de recursos naturais e à utilização de tecnologias que implicam intensa intervenção humana no ambiente, cuja avaliação deve levar em conta a dinâmica dos ecossistemas, dos organismos, enfim, o modo como a natureza se comporta e a vida se processa.

O desenvolvimento da Genética e da Biologia Molecular, das tecnologias de manipulação do DNA e de clonagem traz à tona aspectos éticos envolvidos na produção e aplicação do conhecimento científico e tecnológico, chamando à reflexão sobre as relações entre a ciência, a tecnologia e a sociedade. Conhecer a estrutura molecular da vida, os mecanismos de perpetuação, diferenciação das espécies e diversificação intraespecífica, a importância da biodiversidade para a

vida no planeta são alguns dos elementos essenciais para um posicionamento criterioso relativo ao conjunto das construções e intervenções humanas no mundo contemporâneo.

A física dos átomos e moléculas desenvolveu representações que permitem compreender a estrutura microscópica da vida. Na Biologia estabelecem-se modelos para as microscópicas estruturas de construção dos seres, de sua reprodução e de seu desenvolvimento. Debatem-se, nessa temática, questões existenciais de grande repercussão filosófica, sobre ser a origem da vida um acidente, uma casualidade ou, ao contrário, a realização de uma ordem já inscrita na própria constituição da matéria infinitesimal.

Neste século presencia-se um intenso processo de criação científica, inigualável a tempos anteriores. A associação entre ciência e tecnologia se amplia, tornando-se mais presente no cotidiano e modificando cada vez mais o mundo e o próprio ser humano. Questões relativas à valorização da vida em sua diversidade, à ética nas relações entre seres humanos, entre eles e seu meio e o planeta, ao desenvolvimento tecnológico e sua relação com a qualidade de vida, marcam fortemente nosso tempo, pondo em discussão os valores envolvidos na produção e aplicação do conhecimento científico e tecnológico.

A decisão sobre o quê e como ensinar em Biologia, no Ensino Médio, não se deve estabelecer como uma lista de tópicos em detrimento de outra, por manutenção tradicional, ou por inovação arbitrária, mas sim de forma a promover, no que compete à Biologia, os objetivos educacionais, estabelecidos pela CNE/98 para a área de Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias e em parte já enunciados na parte geral desse texto. Dentre esses objetivos, há aspectos da Biologia que têm a ver com a construção de uma visão de mundo, outros práticos e instrumentais para a ação e, ainda aqueles, que permitem a formação de conceitos, a avaliação, a tomada de posição cidadã.

Um tema central para a construção de uma visão de mundo é a percepção da dinâmica complexidade da vida pelos alunos, a compreensão de que a vida é fruto de permanentes interações simultâneas entre muitos elementos, e de que as teorias em Biologia, como nas demais ciências, se constituem em modelos explicativos, construídos em determinados contextos sociais e culturais. Essa postura busca superar a visão a-histórica que muitos livros didáticos difundem, de que a vida se estabelece como uma articulação mecânica de partes, e como se para compreendê-la, bastasse memorizar a designação e a função dessas peças, num jogo de montar biológico.

Ao longo do Ensino Médio, para garantir a compreensão do todo, é mais adequado partir-se do geral, no qual o fenômeno vida é uma totalidade. O ambiente, que é produto das interações entre fatores abióticos e seres vivos, pode ser apresentado num primeiro plano e é a partir dessas interações que se pode conhecer cada organismo em particular e reconhecê-lo no ambiente e não vice-versa. Ficará então mais significativo saber que, por sua vez, cada organismo é fruto de interações entre órgãos, aparelhos e sistemas que, no particular, são formados por um conjunto de células que interagem. E, no mais íntimo nível, cada célula se configura pelas interações entre suas organelas, que também possuem suas particularidades individuais, e pelas interações entre essa célula e as demais.

Para promover um aprendizado ativo, que, especialmente em Biologia, realmente transcenda a memorização de nomes de organismos, sistemas ou processos, é importante que os conteúdos se

apresentem como problemas a serem resolvidos com os alunos, como, por exemplo, aqueles envolvendo interações entre seres vivos, incluindo o ser humano, e demais elementos do ambiente. Essa visualização da interação pode preceder e ensinar a questão da origem e da diversidade, até que o conhecimento da célula se apresente como questão dentro da questão, como problema a ser desvendado para uma maior e melhor compreensão do fenômeno vida. Para que se elabore um instrumental de investigação desses problemas, é conveniente e estimulante que se estabeleçam conexões com aspectos do conhecimento tecnológico a eles associados.

O objetivo educacional geral de se desenvolver a curiosidade e o gosto de aprender, praticando efetivamente o questionamento e a investigação, pode ser promovido num programa de aprendizado escolar. Por exemplo, nos estudos das relações entre forma, função e ambiente, que levam a critérios objetivos, através dos quais os seres vivos podem ser agrupados. Ao estudar o indivíduo, estar-se-á estudando o grupo ao qual ele pertence e vice-versa; o estudo aprofundado de determinados grupos de seres vivos em particular – anatomia, fisiologia e comportamentos – pode se constituir em projetos educativos, procurando verificar hipóteses sobre a reprodução/evolução de peixes, samambaias ou seres humanos. Nesses projetos coletivos, tratando de questões que mereceram explicações diversas ao longo da história da humanidade, até que se estabelecessem as atuais leis da genética, pode-se discutir algumas dessas explicações, seus pressupostos, seus limites, o contexto em que foram formuladas, permitindo a compreensão da dimensão histórico-filosófica da produção científica e o caráter da verdade científica. As discussões sobre tais representações e sobre aquelas elaboradas pelos alunos, devem provocar a necessidade de se obter mais informações, com a intenção de superar os limites que cada uma delas apresenta para o entendimento da transmissão de características.

As considerações acima sugerem uma articulação de conteúdos no eixo Ecologia-Evolução que deve ser tratado historicamente, mostrando que distintos períodos e escolas de pensamento abrigaram diferentes idéias sobre o surgimento da vida na Terra. Importa relacioná-las ao momento histórico em que foram elaboradas, reconhecendo os limites de cada uma delas na explicação do fenômeno. Para o estabelecimento da hipótese hoje hegemônica, concorreram diferentes campos do conhecimento como a Geologia, a Física e a Astronomia. Essa hipótese se assenta em prováveis interações entre os elementos e fenômenos físico-químicos do planeta, em particular fenômenos atmosféricos, e que resultaram na formação de sistemas químicos nos mares aquecidos da Terra primitiva. A vida teria emergido quando tais sistemas adquiriram determinada capacidade de trocar substâncias com o meio, obter energia e se reproduzir.

Reconhecer tais elementos da Terra primitiva, relacionar fenômenos entre si e às características básicas de um sistema vivo são habilidades fundamentais à atual compreensão da vida. Os estudos dos processos que culminaram com o surgimento de sistemas vivos leva a indagações acerca dos diferentes níveis de organização como tecidos, órgãos, aparelhos, organismos, populações, comunidades, ecossistemas, biosfera, resultantes das interações entre tais sistemas e entre eles e o meio. Identificar e conceituar esses níveis de organização da matéria viva, estabelecendo relações entre eles, permite a compreensão da dinâmica ambiental que se processa na biosfera.



Uma idéia central a ser desenvolvida é a do equilíbrio dinâmico da vida. A identificação da necessidade de os seres vivos obterem nutrientes e metabolizá-los permite o estabelecimento de relações alimentares entre os mesmos, uma forma básica de interação nos ecossistemas, solicitando do aluno a investigação das diversas formas de obtenção de alimento e energia e o reconhecimento das relações entre elas, no contexto dos diferentes ambientes em que tais relações ocorrem. As interações alimentares podem ser representadas através de uma ou várias sequências, cadeias e teias alimentares, contribuindo para a consolidação do conceito em desenvolvimento e para o início do entendimento da existência de um equilíbrio dinâmico nos ecossistemas, em que matéria e energia transitam de formas diferentes – em ciclos e fluxos respectivamente – e que tais ciclos e fluxos representam formas de interação entre a porção viva e a abiótica do sistema.

A tecnologia, instrumento de intervenção de base científica, pode ser apreciada como moderna decorrência sistemática de um processo, em que o ser humano, parte integrante dos ciclos e fluxos que operam nos ecossistemas, neles intervém, produzindo modificações intencionais e construindo novos ambientes. Estudos sobre a ocupação humana, através de alguns entre os diversos temas existentes, aliados à comparação entre a dinâmica populacional humana e a de outros seres vivos, permitirão compreender e julgar modos de realizar tais intervenções, estabelecendo relações com fatores sociais e econômicos envolvidos. Possibilitarão, ainda, o estabelecimento de relações entre intervenção no ambiente, degradação ambiental e agravos à saúde humana e a avaliação do desenvolvimento sustentado como alternativa ao modelo atual.

Para o estudo da dinâmica ambiental contribuem outros campos do conhecimento, além da Biologia, como Física, Química, Geografia, História e Filosofia, possibilitando ao aluno relacionar conceitos aprendidos nessas disciplinas, numa conceituação mais ampla de ecossistema. Um aspecto da maior relevância na abordagem dos ecossistemas diz respeito à sua construção no espaço e no tempo e à possibilidade da natureza absorver impactos e se recompor. O estudo da sucessão ecológica permite compreender a dimensão espaço-temporal do estabelecimento de ecossistemas, relacionar diversidade e estabilidade de ecossistemas, relacionar essa estabilidade a equilíbrio dinâmico, fornecendo elementos para avaliar as possibilidades de absorção de impactos pela natureza.

Conhecer algumas explicações sobre a diversidade das espécies, seus pressupostos, seus limites, o contexto em que foram formuladas e em que foram substituídas ou complementadas e reformuladas, permite a compreensão da dimensão histórico-filosófica da produção científica e o caráter da verdade científica. Focalizando-se a teoria sintética da evolução, é possível identificar a contribuição de diferentes campos do conhecimento para a sua elaboração, como, por exemplo, a Paleontologia, a Embriologia, a Genética e a Bioquímica. São centrais para a compreensão da teoria os conceitos de adaptação e seleção natural como mecanismos da evolução e a dimensão temporal, geológica do processo evolutivo. Para o aprendizado desses conceitos, bastante complicados, é conveniente criarem-se situações em que os alunos sejam solicitados a relacionar mecanismos de alterações no material genético, seleção natural e adaptação, nas explicações sobre o surgimento das diferentes espécies de seres vivos.

As relações entre alterações ambientais e modificações dos seres vivos, estas últimas decorrentes do acúmulo de alterações genéticas, precisam ser compreendidas como eventos sincrônicos, que não guardam simples relação de causa e efeito; a variabilidade, como consequência de mutações e de combinações diversas de material genético, precisa ser entendida como substrato sobre o qual age a seleção natural; a própria ação da natureza selecionando combinações genéticas que se expressam em características adaptativas, também precisa considerar a reprodução, que possibilita a permanência de determinado material genético na população. A interpretação do processo de formação de novas espécies demanda a aplicação desses conceitos, o que pode ser feito, por exemplo, pelos alunos, se solicitados a construir explicações sobre o que poderia determinar a formação de novas espécies, numa população, em certas condições de isolamento geográfico e reprodutivo.

Para o estudo da diversidade de seres vivos, tradicionalmente da Zoologia e da Botânica, é adequado o enfoque evolutivo-ecológico, ou seja, a história geológica da vida. Focalizando-se a escala de tempo geológico, centra-se atenção na configuração das águas e continentes e nas formas de vida que marcam cada período e era geológica. Uma análise primeira permite supor que a vida surge, se expande, se diversifica e se fixa nas águas. Os continentes são ocupados posteriormente à ocupação das águas e, neles, também a vida se diversifica e se fixa, não sem um grande número de extinções.

O estudo das funções vitais básicas, realizadas por diferentes estruturas, órgãos e sistemas, com características que permitem sua adaptação nos diversos meios, possibilita a compreensão das relações de origem entre diferentes grupos de seres vivos e o ambiente em que essas relações ocorrem. Caracterizar essas funções, relacioná-las entre si na manutenção do ser vivo e relacioná-las com o ambiente em que vivem os diferentes seres vivos, estabelecer vínculos de origem entre os diversos grupos de seres vivos, comparando essas diferentes estruturas, aplicar conhecimentos da teoria da evolução na interpretação dessas relações são algumas das habilidades que esses estudos permitem desenvolver.

Ao abordar as funções acima citadas, é importante dar destaque ao corpo humano, focalizando as relações que se estabelecem entre os diferentes aparelhos e sistemas e entre o corpo e o ambiente, conferindo integridade ao corpo humano, preservando o equilíbrio dinâmico que caracteriza o estado de saúde. Não menos importantes são as diferenças que evidenciam a individualidade de cada ser humano, indicando que cada pessoa é única e permitindo o desenvolvimento de atitudes de respeito e apreço ao próprio corpo e ao do outro.

Noções sobre Citologia podem aparecer em vários momentos de um curso de Biologia, com níveis diversos de enfoque e aprofundamento. Ao se tratar, por exemplo, da diversidade da vida, vários processos celulares podem ser abordados, ainda em um nível fenomenológico: fotossíntese, respiração celular, digestão celular etc. Estudando-se a hereditariedade, pode-se tratar a síntese protéica e, portanto, noções de núcleo, ribossomas, ácidos nucleicos.

A compreensão da dinâmica celular pode se estabelecer quando for possível relacionar e aplicar conhecimentos desenvolvidos, não só ao longo do curso de Biologia, mas também em Química e Física, no entendimento dos processos que acontecem no interior das células. Elaborar uma síntese,

em que os processos vitais que ocorrem em nível celular se evidenciem relacionados, permite a construção do conceito sistematizado de célula: um sistema que troca substâncias com o meio, obtém energia e se reproduz. Compreende-se, assim, a teoria celular atualmente aceita, assim como se abre caminho para o entendimento da relação entre os processos celulares e as tecnologias utilizadas na medicina ortomolecular, a aplicação de conhecimentos da Biologia e da Química no entendimento dos mecanismos de formação e ação dos radicais livres, a relação desses últimos com o envelhecimento celular.

É recomendável que os estudos sobre Embriologia atenham-se à espécie humana, focalizando-se as principais fases embrionárias, os anexos embrionários e a comunicação intercelular no processo de diferenciação. Aqui cabem duas observações: não é necessário conhecer o desenvolvimento embrionário de todos os grupos de seres vivos para compreender e utilizar a embriologia como evidência da evolução; importa compreender como de uma célula – o ovo – se organiza um organismo; não é essencial, portanto, no nível médio de escolaridade, o estudo detalhado do desenvolvimento embrionário dos vários seres vivos.

A descrição do material genético em sua estrutura e composição, a explicação do processo da síntese protéica, a relação entre o conjunto protéico sintetizado e as características do ser vivo e a identificação e descrição dos processos de reprodução celular são conceitos e habilidades fundamentais à compreensão do modo como a hereditariedade acontece.

Cabe também, nesse contexto, trabalhar com o aluno no sentido de ele perceber que a estrutura de dupla hélice do DNA é um modelo construído a partir dos conhecimentos sobre sua composição.

É preciso que o aluno relacione os conceitos e processos acima expressos, nos estudos sobre as leis da herança mendeliana e algumas de suas derivações, como alelos múltiplos, herança quantitativa e herança ligada ao sexo, recombinação gênica e ligação fatorial. São necessárias noções de probabilidade, análise combinatória e bioquímica para dar significado às leis da hereditariedade, o que demanda o estabelecimento de relações de conceitos aprendidos em outras disciplinas. De posse desses conhecimentos, é possível ao aluno relacioná-los às tecnologias de clonagem, engenharia genética e outras ligadas à manipulação do DNA, proceder a análise desses fazeres humanos identificando aspectos éticos, morais, políticos e econômicos envolvidos na produção científica e tecnológica, bem como na sua utilização; o aluno se transporta de um cenário meramente científico para um contexto em que estão envolvidos vários aspectos da vida humana. É um momento bastante propício ao trabalho com a superação de posturas que, por omitir a real complexidade das questões, induz a julgamentos simplistas e, não raro, preconceituosos.

Não é possível tratar, no Ensino Médio, de todo o conhecimento biológico ou de todo o conhecimento tecnológico a ele associado. Mais importante é tratar esses conhecimentos de forma contextualizada, revelando como e por que foram produzidos, em que época, apresentando a história da Biologia como um movimento não linear e freqüentemente contraditório.

Mais do que fornecer informações, é fundamental que o ensino de Biologia se volte ao desenvolvimento de competências que permitam ao aluno lidar com as informações, compreendê-las, elaborá-las, refutá-las, quando for o caso, enfim compreender o mundo e nele agir com autonomia, fazendo uso dos conhecimentos adquiridos da Biologia e da tecnologia.

O desenvolvimento de tais competências se inicia na escola fundamental, mas não se restringe a ela. Cada um desses níveis de escolaridade tem características próprias, configura momentos particulares de vida, de desenvolvimento dos estudantes, mas guarda em comum o fato de envolver pessoas, desenvolvendo capacidades e potencialidades que lhes permitam o exercício pleno da cidadania, nesses mesmos momentos.

É preciso, portanto, selecionar conteúdos e escolher metodologias coerentes com nossas intenções educativas. Essas intenções estão expressas nos objetivos gerais da área de Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias e também naqueles específicos da disciplina de Biologia. Elas incluem, com certeza, compreender a natureza como uma intrincada rede de relações, um todo dinâmico, do qual o ser humano é parte integrante, com ela interage, dela depende e nela interfere, reduzindo seu grau de dependência, mas jamais sendo independente. Implica também identificar a condição do ser humano de agente e paciente de transformações intencionais por ele produzidas.

Entre as intenções formativas, garantida essa visão sistêmica, importa que o estudante saiba: relacionar degradação ambiental e agravos à saúde humana, entendendo-a como bem-estar físico, social e psicológico e não como ausência de doença; compreender a vida, do ponto de vista biológico, como fenômeno que se manifesta de formas diversas, mas sempre como sistema organizado e integrado, que interage com o meio físico-químico através de um ciclo de matéria e de um fluxo de energia; compreender a diversificação das espécies como resultado de um processo evolutivo, que inclui dimensões temporais e espaciais; compreender que o universo é composto por elementos que agem interativamente e que é essa interação que configura o universo, a natureza como algo dinâmico e o corpo como um todo, que confere à célula a condição de sistema vivo; dar significado a conceitos científicos básicos em Biologia, como energia, matéria, transformação, espaço, tempo, sistema, equilíbrio dinâmico, hereditariedade e vida; formular questões, diagnosticar e propor soluções para problemas reais a partir de elementos da Biologia, colocando em prática conceitos, procedimentos e atitudes desenvolvidos no aprendizado escolar.

No ensino de Biologia, enfim, é essencial o desenvolvimento de posturas e valores pertinentes às relações entre os seres humanos, entre eles e o meio, entre o ser humano e o conhecimento, contribuindo para uma educação que formará indivíduos sensíveis e solidários, cidadãos conscientes dos processos e regularidades de mundo e da vida, capazes assim de realizar ações práticas, de fazer julgamentos e de tomar decisões.

# **Competências e habilidades a serem desenvolvidas em Biologia**

## **Representação e comunicação**

- Descrever processos e características do ambiente ou de seres vivos, observados em microscópio ou a olho nu.
- Perceber e utilizar os códigos intrínsecos da Biologia.
- Apresentar suposições e hipóteses acerca dos fenômenos biológicos em estudo.
- Apresentar, de forma organizada, o conhecimento biológico apreendido, através de textos, desenhos, esquemas, gráficos, tabelas, maquetes etc
- Conhecer diferentes formas de obter informações (observação, experimento, leitura de texto e imagem, entrevista), selecionando aquelas pertinentes ao tema biológico em estudo.
- Expressar dúvidas, idéias e conclusões acerca dos fenômenos biológicos.

## **Investigação e compreensão**

- Relacionar fenômenos, fatos, processos e idéias em Biologia, elaborando conceitos, identificando regularidades e diferenças, construindo generalizações.
- Utilizar critérios científicos para realizar classificações de animais, vegetais etc.
- Relacionar os diversos conteúdos conceituais de Biologia (lógica interna) na compreensão de fenômenos.
- Estabelecer relações entre parte e todo de um fenômeno ou processo biológico.
- Selecionar e utilizar metodologias científicas adequadas para a resolução de problemas, fazendo uso, quando for o caso, de tratamento estatístico na análise de dados coletados.
- Formular questões, diagnósticos e propor soluções para problemas apresentados, utilizando elementos da Biologia.
- Utilizar noções e conceitos da Biologia em novas situações de aprendizado (existencial ou escolar).
- Relacionar o conhecimento das diversas disciplinas para o entendimento de fatos ou processos biológicos (lógica externa).

## **Contextualização sócio-cultural**

- Reconhecer a Biologia como um fazer humano e, portanto, histórico, fruto da conjunção de fatores sociais, políticos, econômicos, culturais, religiosos e tecnológicos.
- Identificar a interferência de aspectos místicos e culturais nos conhecimentos do senso comum relacionados a aspectos biológicos.
- Reconhecer o ser humano como agente e paciente de transformações intencionais por ele produzidas no seu ambiente.
- Julgar ações de intervenção, identificando aquelas que visam à preservação e à implementação da saúde individual, coletiva e do ambiente.
- Identificar as relações entre o conhecimento científico e o desenvolvimento tecnológico, considerando a preservação da vida, as condições de vida e as concepções de desenvolvimento sustentável.

## Conhecimentos de Física

A Física é um conhecimento que permite elaborar modelos de evolução cósmica, investigar os mistérios do mundo submicroscópico, das partículas que compõem a matéria, ao mesmo tempo que permite desenvolver novas fontes de energia e criar novos materiais, produtos e tecnologias.

Incorporado à cultura e integrado como instrumento tecnológico, esse conhecimento tornou-se indispensável à formação da cidadania contemporânea. Espera-se que o ensino de Física, na escola média, contribua para a formação de uma cultura científica efetiva, que permita ao indivíduo a interpretação dos fatos, fenômenos e processos naturais, situando e dimensionando a interação do ser humano com a natureza como parte da própria natureza em transformação. Para tanto, é essencial que o conhecimento físico seja explicitado como um processo histórico, objeto de contínua transformação e associado às outras formas de expressão e produção humanas. É necessário também que essa cultura em Física inclua a compreensão do conjunto de equipamentos e procedimentos, técnicos ou tecnológicos, do cotidiano doméstico, social e profissional.

Ao propiciar esses conhecimentos, o aprendizado da Física promove a articulação de toda uma visão de mundo, de uma compreensão dinâmica do universo, mais ampla do que nosso entorno material imediato, capaz portanto de transcender nossos limites temporais e espaciais. Assim, ao lado de um caráter mais prático, a Física revela também uma dimensão filosófica, com uma beleza e importância que não devem ser subestimadas no processo educativo. Para que esses objetivos se transformem em linhas orientadoras para a organização do ensino de Física no Ensino Médio, é indispensável traduzi-los em termos de competências e habilidades, superando a prática tradicional.

O ensino de Física tem-se realizado frequentemente mediante a apresentação de conceitos, leis e fórmulas, de forma desarticulada, distanciados do mundo vivido pelos alunos e professores e não só, mas também por isso, vazios de significado. Privilegia a teoria e a abstração, desde o primeiro momento, em detrimento de um desenvolvimento gradual da abstração que, pelo menos, parta da prática e de exemplos concretos. Enfatiza a utilização de fórmulas, em situações artificiais, desvinculando a linguagem matemática que essas fórmulas representam de seu significado físico efetivo. Insiste na solução de exercícios repetitivos, pretendendo que o aprendizado ocorra pela automatização ou memorização e não pela construção do conhecimento através das competências adquiridas. Apresenta o conhecimento como um produto acabado, fruto da genialidade de mentes como a de Galileu, Newton ou Einstein, contribuindo para que os alunos concluam que não resta mais nenhum problema significativo a resolver. Além disso, envolve uma lista de conteúdos demasiadamente extensa, que impede o aprofundamento necessário e a instauração de um diálogo construtivo.

Esse quadro não decorre unicamente do despreparo dos professores, nem de limitações impostas pelas condições escolares deficientes. Expressa, ao contrário, uma deformação estrutural, que veio sendo gradualmente introjetada pelos participantes do sistema escolar e que passou a ser tomada como coisa natural. Na medida em que se pretendia ou propedêutico ou técnico, em um passado não

muito remoto, o Ensino Médio possuía outras finalidades e era coerente com as exigências de então. “Naquela época”, o ensino “funcionava bem”, porque era propedêutico. Privilegiava-se o “desenvolvimento do raciocínio” de forma isolada, adiando a compreensão mais profunda para outros níveis de ensino ou para um futuro inexistente.

É preciso rediscutir qual Física ensinar para possibilitar uma melhor compreensão do mundo e uma formação para a cidadania mais adequada. Sabemos todos que, para tanto, não existem soluções simples ou únicas, nem receitas prontas que garantam o sucesso. Essa é a questão a ser enfrentada pelos educadores de cada escola, de cada realidade social, procurando corresponder aos desejos e esperanças de todos os participantes do processo educativo, reunidos através de uma proposta pedagógica clara. É sempre possível, no entanto, sinalizar aqueles aspectos que conduzem o desenvolvimento do ensino na direção desejada.

Não se trata, portanto, de elaborar novas listas de tópicos de conteúdo, mas sobretudo de dar ao ensino de Física novas dimensões. Isso significa promover um conhecimento contextualizado e integrado à vida de cada jovem. Apresentar uma Física que explique a queda dos corpos, o movimento da lua ou das estrelas no céu, o arco-íris e também os raios laser, as imagens da televisão e as formas de comunicação. Uma Física que explique os gastos da “conta de luz” ou o consumo diário de combustível e também as questões referentes ao uso das diferentes fontes de energia em escala social, incluída a energia nuclear, com seus riscos e benefícios. Uma Física que discuta a origem do universo e sua evolução. Que trate do refrigerador ou dos motores a combustão, das células fotoelétricas, das radiações presentes no dia-a-dia, mas também dos princípios gerais que permitem generalizar todas essas compreensões. Uma Física cujo significado o aluno possa perceber no momento em que aprende, e não em um momento posterior ao aprendizado.

Para isso, é imprescindível considerar o mundo vivencial dos alunos, sua realidade próxima ou distante, os objetos e fenômenos com que efetivamente lidam, ou os problemas e indagações que movem sua curiosidade. Esse deve ser o ponto de partida e, de certa forma, também o ponto de chegada. Ou seja, feitas as investigações, abstrações e generalizações potencializadas pelo saber da Física, em sua dimensão conceitual, o conhecimento volta-se novamente para os fenômenos significativos ou objetos tecnológicos de interesse, agora com um novo olhar, como o exercício de utilização do novo saber adquirido, em sua dimensão aplicada ou tecnológica. O saber assim adquirido reveste-se de uma universalidade maior que o âmbito dos problemas tratados, de tal forma que passa a ser instrumento para outras e diferentes investigações. Essas duas dimensões, conceitual/universal e local/aplicada, de certa forma constituem-se em um ciclo dinâmico, na medida em que novos saberes levam a novas compreensões do mundo e à colocação de novos problemas. Portanto, o conhecimento da Física “em si mesmo” não basta como objetivo, mas deve ser entendido sobretudo como um meio, um instrumento para a compreensão do mundo, podendo ser prático, mas permitindo ultrapassar o interesse imediato.

Sendo o Ensino Médio um momento particular do desenvolvimento cognitivo dos jovens, o aprendizado de Física tem características específicas que podem favorecer uma construção rica em abstrações e generalizações, tanto de sentido prático como conceitual. Levando-se em conta o momento de transformações em que vivemos, promover a autonomia para aprender deve ser

preocupação central, já que o saber de futuras profissões pode ainda estar em gestação, devendo buscar-se competências que possibilitem a independência de ação e aprendizagem futura.

Mas habilidades e competências concretizam-se em ações, objetos, assuntos, experiências que envolvem um determinado olhar sobre a realidade, ao qual denominamos Física, podendo ser desenvolvidas em tópicos diferentes, assumindo formas diferentes em cada caso, tornando-se mais ou menos adequadas dependendo do contexto em que estão sendo desenvolvidas. Forma e conteúdo são, portanto, profundamente interdependentes e condicionados aos temas a serem trabalhados.

Apresentaremos, a seguir, alguns exemplos que ilustram e demarcam a contribuição da Física para a formação dos jovens no Ensino Médio. Iniciaremos essa trajetória pelo campo da investigação e compreensão em Física, na medida em que é sobre esse saber que devem desenvolver-se as competências relacionadas aos demais campos.

A Física tem uma maneira própria de lidar com o mundo, que se expressa não só através da forma como representa, descreve e escreve o real, mas sobretudo na busca de regularidades, na conceituação e quantificação das grandezas, na investigação dos fenômenos, no tipo de síntese que promove. Aprender essa maneira de lidar com o mundo envolve competências e habilidades específicas relacionadas à compreensão e investigação em Física.

Uma parte significativa dessa forma de proceder traduz-se em habilidades relacionadas à investigação. Como ponto de partida, trata-se de identificar questões e problemas a serem resolvidos, estimular a observação, classificação e organização dos fatos e fenômenos à nossa volta segundo os aspectos físicos e funcionais relevantes. Isso inclui, por exemplo, identificar diferentes imagens óticas, desde fotografias a imagens de vídeos, classificando-as segundo as formas de produzi-las; reconhecer diferentes aparelhos elétricos e classificá-los segundo sua função; identificar movimentos presentes no dia-a-dia segundo suas características, diferentes materiais segundo suas propriedades térmicas, elétricas, óticas ou mecânicas. Mais adiante, classificar diferentes formas de energia presentes no uso cotidiano, como em aquecedores, meios de transporte, refrigeradores, televisores, eletrodomésticos, observando suas transformações, buscando regularidades nos processos envolvidos nessas transformações.

Investigar tem, contudo, um sentido mais amplo e requer ir mais longe, delimitando os problemas a serem enfrentados, desenvolvendo habilidades para medir e quantificar, seja com réguas, balanças, multímetros ou com instrumentos próprios, aprendendo a identificar os parâmetros relevantes, reunindo e analisando dados, propondo conclusões. Como toda investigação envolve a identificação de parâmetros e grandezas, conceitos físicos e relações entre grandezas, a competência em Física passa necessariamente pela compreensão de suas leis e princípios, de seus âmbitos e limites. A compreensão de teorias físicas deve capacitar para uma leitura de mundo articulada, dotada do potencial de generalização que esses conhecimentos possuem.

Contudo, para que de fato possa haver uma apropriação desses conhecimentos, as leis e princípios gerais precisam ser desenvolvidos passo a passo, a partir dos elementos próximos, práticos e vivenciais. As noções de transformação e conservação de energia, por exemplo, devem ser cuidadosamente tratadas, reconhecendo-se a necessidade de que o “abstrato” conceito de energia



seja construído “concretamente”, a partir de situações reais, sem que se faça apelo a definições dogmáticas ou a tratamentos impropriamente triviais.

É essencial também trabalhar com modelos, introduzindo-se a própria idéia de modelo, através da discussão de modelos microscópicos. Para isso, os modelos devem ser construídos a partir da necessidade explicativa de fatos, em correlação direta com os fenômenos macroscópicos que se quer explicar. Por exemplo, o modelo cinético dos gases pode ajudar a compreender o próprio conceito de temperatura ou processos de troca de calor, enquanto os modelos para a interação da luz com diferentes meios podem ser utilizados para explicar as cores dos objetos, do céu ou a fosforescência de determinados materiais.

Essas habilidades, na medida em que se desenvolvam com referência no mundo vivencial, possibilitam uma articulação com outros conhecimentos, uma vez que o mundo real não é em si mesmo disciplinar. Assim, a competência para reconhecer o significado do conceito de tempo como parâmetro físico, por exemplo, deve ser acompanhada da capacidade de articular esse conceito com os tempos envolvidos nos processos biológicos ou químicos e mesmo sua contraposição com os tempos psicológicos, além da importância do tempo no mundo da produção e dos serviços. A competência para utilizar o instrumental da Física não significa, portanto, restringir a atenção aos objetos de estudo usuais da Física: o tempo não é somente um valor colocado no “eixo horizontal” ou um parâmetro físico para o estudo dos movimentos.

Abordagem e tema não são aspectos independentes. Será necessário, em cada caso, verificar quais temas promovem melhor o desenvolvimento das competências desejadas. Por exemplo, o tratamento da Mecânica pode ser o espaço adequado para promover conhecimentos a partir de um sentido prático e vivencial macroscópico, dispensando modelagens mais abstratas do mundo microscópico. Isso significaria investigar a relação entre forças e movimentos, a partir de situações práticas, discutindo-se tanto a quantidade de movimento quanto as causas de variação do próprio movimento. Além disso, é na Mecânica onde mais claramente é explicitada a existência de princípios gerais, expressos nas leis de conservação, tanto da quantidade de movimento quanto da energia, instrumentos conceituais indispensáveis ao desenvolvimento de toda a Física. Nessa abordagem, as condições de equilíbrio e as caracterizações de movimentos decorreriam das relações gerais e não as antecederiam, evitando-se descrições detalhadas e abstratas de situações irreais, ou uma ênfase demasiadamente matematizada como usualmente se pratica no tratamento da Cinemática.

A Termodinâmica, por sua vez, ao investigar fenômenos que envolvem o calor, trocas de calor e de transformação da energia térmica em mecânica, abre espaço para uma construção ampliada do conceito de energia. Nessa direção, a discussão das máquinas térmicas e dos processos cíclicos, a partir de máquinas e ciclos reais, permite a compreensão da conservação de energia em um âmbito mais abrangente, ao mesmo tempo em que ilustra importante lei restritiva, que limita processos de transformação de energia, estabelecendo sua irreversibilidade. A omissão dessa discussão da degradação da energia, como geralmente acontece, deixa sem sentido a própria compreensão da conservação de energia e dos problemas energéticos e ambientais do mundo contemporâneo.

Também a discussão de fontes e formas de transformação/produção de energia pode ser a oportunidade para compreender como o domínio dessas transformações está associada à trajetória histórica humana e quais os problemas com que hoje se depara a humanidade a esse respeito.

A Ótica e o Eletromagnetismo, além de fornecerem elementos para uma leitura do mundo da informação e da comunicação, poderiam, numa conceituação ampla, envolvendo a codificação e o transporte da energia, ser o espaço adequado para a introdução e discussão de modelos microscópicos. A natureza ondulatória e quântica da luz e sua interação com os meios materiais, assim como os modelos de absorção e emissão de energia pelos átomos, são alguns exemplos que também abrem espaço para uma abordagem quântica da estrutura da matéria, em que possam ser modelados os semicondutores e outros dispositivos eletrônicos contemporâneos.

Em abordagens dessa natureza, o início do aprendizado dos fenômenos elétricos deveria já tratar de sua presença predominante em correntes elétricas, e não a partir de tratamentos abstratos de distribuições de carga, campo e potencial eletrostáticos. Modelos de condução elétrica para condutores e isolantes poderiam ser desenvolvidos e caberia reconhecer a natureza eletromagnética dos fenômenos desde cedo, para não restringir a atenção apenas aos sistemas resistivos, o que tradicionalmente corresponde a deixar de estudar motores e geradores. Além dos aspectos eletromecânicos, poder-se-ia estender a discussão de forma a tratar também elementos da eletrônica das telecomunicações e da informação, abrindo espaço para a compreensão do rádio, da televisão e dos computadores.

A possibilidade de um efetivo aprendizado de Cosmologia depende do desenvolvimento da teoria da gravitação, assim como de noções sobre a constituição elementar da matéria e energética estelar. Essas e outras necessárias atualizações dos conteúdos apontam para uma ênfase à Física contemporânea ao longo de todo o curso, em cada tópico, como um desdobramento de outros conhecimentos e não necessariamente como um tópico a mais no fim do curso. Seria interessante que o estudo da Física no Ensino Médio fosse finalizado com uma discussão de temas que permitissem sínteses abrangentes dos conteúdos trabalhados. Haveria, assim, também, espaço para que fossem sistematizadas idéias gerais sobre o universo, buscando-se uma visão cosmológica atualizada.

Em seu processo de construção, a Física desenvolveu uma linguagem própria para seus esquemas de representação, composta de símbolos e códigos específicos. Reconhecer a existência mesma de tal linguagem e fazer uso dela constitui-se competência necessária, que se refere à representação e comunicação

Os valores nominais de tensão ou potência dos aparelhos elétricos, os elementos indicados em receitas de óculos, os sistemas de representação de mapas e plantas, a especificação de consumos calóricos de alimentos, gráficos de dados meteorológicos são exemplos desses códigos presentes no dia-a-dia e cujo reconhecimento e leitura requerem um determinado tipo de aprendizado. Assim como os manuais de instalação e utilização de equipamentos simples, sejam bombas de água ou equipamentos de vídeo, requerem uma competência específica para a leitura dos códigos e significados quase sempre muito próximos da Física.

A Física expressa relações entre grandezas através de fórmulas, cujo significado pode também ser apresentado em gráficos. Utiliza medidas e dados, desenvolvendo uma maneira própria de lidar com os mesmos, através de tabelas, gráficos ou relações matemáticas. Mas todas essas formas são apenas a expressão de um saber conceitual, cujo significado é mais abrangente. Assim, para dominar a linguagem da Física é necessário ser capaz de ler e traduzir uma forma de expressão em outra, discursiva, através de um gráfico ou de uma expressão matemática, aprendendo a escolher a linguagem mais adequada a cada caso.

Expressar-se corretamente na linguagem física requer identificar as grandezas físicas que correspondem às situações dadas, sendo capaz de distinguir, por exemplo, calor de temperatura, massa de peso, ou aceleração de velocidade. Requer também saber empregar seus símbolos, como os de vetores ou de circuitos, fazendo uso deles quando necessário. Expressar-se corretamente também significa saber relatar os resultados de uma experiência de laboratório, uma visita a uma usina, uma entrevista com um profissional eletricista, mecânico ou engenheiro, descrevendo no contexto do relato conhecimentos físicos de forma adequada.

Lidar com o arsenal de informações atualmente disponíveis depende de habilidades para obter, sistematizar, produzir e mesmo difundir informações, aprendendo a acompanhar o ritmo de transformação do mundo em que vivemos. Isso inclui ser um leitor crítico e atento das notícias científicas divulgadas de diferentes formas: vídeos, programas de televisão, *sites* da Internet ou notícias de jornais.

Assim, o aprendizado de Física deve estimular os jovens a acompanhar as notícias científicas, orientando-os para a identificação sobre o assunto que está sendo tratado e promovendo meios para a interpretação de seus significados. Notícias como uma missão espacial, uma possível colisão de um asteroide com a Terra, um novo método para extrair água do subsolo, uma nova técnica de diagnóstico médico envolvendo princípios físicos, o desenvolvimento da comunicação via satélite, a telefonia celular, são alguns exemplos de informações presentes nos jornais e programas de televisão que deveriam também ser tratados em sala de aula.

O caráter altamente estruturado do conhecimento físico requer uma competência específica para lidar com o todo, sendo indispensável desenvolver a capacidade de elaborar sínteses, através de esquemas articuladores dos diferentes conceitos, propriedades ou processos, através da própria linguagem da Física.

A Física percebida enquanto construção histórica, como atividade social humana, emerge da cultura e leva à compreensão de que modelos explicativos não são únicos nem finais, tendo se sucedido ao longo dos tempos, como o modelo geocêntrico, substituído pelo heliocêntrico, a teoria do calórico pelo conceito de calor como energia, ou a sucessão dos vários modelos explicativos para a luz. O surgimento de teorias físicas mantém uma relação complexa com o contexto social em que ocorreram.

Perceber essas dimensões históricas e sociais corresponde também ao reconhecimento da presença de elementos da Física em obras literárias, peças de teatro ou obras de arte.

Essa percepção do saber físico como construção humana constitui-se condição necessária, mesmo que não suficiente, para que se promova a consciência de uma responsabilidade social e

ética. Nesse sentido, deve ser considerado o desenvolvimento da capacidade de se preocupar com o todo social e com a cidadania. Isso significa, por exemplo, reconhecer-se cidadão participante, tomando conhecimento das formas de abastecimento de água e fornecimento das demandas de energia elétrica da cidade onde se vive, conscientizando-se de eventuais problemas e soluções. Ao mesmo tempo, devem ser promovidas as competências necessárias para a avaliação da veracidade de informações ou para a emissão de opiniões e juízos de valor em relação a situações sociais nas quais os aspectos físicos sejam relevantes. Como exemplos, podemos lembrar a necessidade de se avaliar as relações de risco/benefício de uma dada técnica de diagnóstico médico, as implicações de um acidente envolvendo radiações ionizantes, as opções para o uso de diferentes formas de energia, as escolhas de procedimentos que envolvam menor impacto ambiental sobre o efeito estufa ou a camada de ozônio, assim como a discussão sobre a participação de físicos na fabricação de bombas atômicas.

O conjunto de exemplos e temas aqui apresentados não deve ser entendido nem como um receituário nem como uma listagem completa ou exaustiva. Procura explicitar, através de diferentes formas que, mais do que uma simples reformulação de conteúdos ou tópicos, pretende-se promover uma mudança de ênfase, visando à vida individual, social e profissional, presente e futura, dos jovens que frequentam a escola média. Quanto às habilidades e competências desejadas, encontram-se sintetizadas no quadro a seguir.

# **Competências e habilidades a serem desenvolvidas em Física**

## **Representação e comunicação**

- Compreender enunciados que envolvam códigos e símbolos físicos. Compreender manuais de instalação e utilização de aparelhos.
- Utilizar e compreender tabelas, gráficos e relações matemáticas gráficas para a expressão do saber físico. Ser capaz de discriminar e traduzir as linguagens matemática e discursiva entre si.
- Expressar-se corretamente utilizando a linguagem física adequada e elementos de sua representação simbólica. Apresentar de forma clara e objetiva o conhecimento apreendido, através de tal linguagem.
- Conhecer fontes de informações e formas de obter informações relevantes, sabendo interpretar notícias científicas.
- Elaborar sínteses ou esquemas estruturados dos temas físicos trabalhados.

## **Investigação e compreensão**

- Desenvolver a capacidade de investigação física. Classificar, organizar, sistematizar. Identificar regularidades. Observar, estimar ordens de grandeza, compreender o conceito de medir, fazer hipóteses, testar.
- Conhecer e utilizar conceitos físicos. Relacionar grandezas, quantificar, identificar parâmetros relevantes. Compreender e utilizar leis e teorias físicas.
- Compreender a Física presente no mundo vivencial e nos equipamentos e procedimentos tecnológicos. Descobrir o “como funciona” de aparelhos.
- Construir e investigar situações-problema, identificar a situação física, utilizar modelos físicos, generalizar de uma a outra situação, prever, avaliar, analisar previsões.
- Articular o conhecimento físico com conhecimentos de outras áreas do saber científico.

## **Contextualização sócio-cultural**

- Reconhecer a Física enquanto construção humana, aspectos de sua história e relações com o contexto cultural, social, político e econômico.
- Reconhecer o papel da Física no sistema produtivo, compreendendo a evolução dos meios tecnológicos e sua relação dinâmica com a evolução do conhecimento científico.
- Dimensionar a capacidade crescente do homem propiciada pela tecnologia.
- Estabelecer relações entre o conhecimento físico e outras formas de expressão da cultura humana.
- Ser capaz de emitir juízos de valor em relação a situações sociais que envolvam aspectos físicos e/ou tecnológicos relevantes.

## Conhecimentos de Química

A Química participa do desenvolvimento científico-tecnológico com importantes contribuições específicas, cujas decorrências têm alcance econômico, social e político. A sociedade e seus cidadãos interagem com o conhecimento químico por diferentes meios. A tradição cultural difunde saberes, fundamentados em um ponto de vista químico, científico, ou baseados em crenças populares. Por vezes, podemos encontrar pontos de contato entre esses dois tipos de saberes, como, por exemplo, no caso de certas plantas cujas ações terapêuticas popularmente difundidas são justificadas por fundamentos químicos. Daí investirem-se recursos na pesquisa dos seus princípios e das suas aplicações. Mas as crenças populares nem sempre correspondem a propriedades verificáveis e podem reforçar uma visão distorcida do cientista e da atividade científica, a exemplo do alquimista, que foi visto como feiticeiro, mágico e não como pensador, participe da visão de mundo de sua época.

Além disso, freqüentemente, as informações veiculadas pelos meios de comunicação são superficiais, errôneas ou exageradamente técnicas. Dessa forma, as informações recebidas podem levar a uma compreensão unilateral da realidade e do papel do conhecimento químico no mundo contemporâneo. Transforma-se a Química na grande vilã do final do século, ao se enfatizar os efeitos poluentes que certas substâncias causam no ar, na água e no solo. Entretanto, desconsidera-se o seu papel no controle das fontes poluidoras, através da melhoria dos processos industriais, tornando mais eficaz o tratamento de efluentes.

Na escola, de modo geral, o indivíduo interage com um conhecimento essencialmente acadêmico, principalmente através da transmissão de informações, supondo que o estudante, memorizando-as passivamente, adquira o “conhecimento acumulado”. A promoção do conhecimento químico em escala mundial, nestes últimos quarenta anos, incorporou novas abordagens, objetivando a formação de futuros cientistas, de cidadãos mais conscientes e também o desenvolvimento de conhecimentos aplicáveis ao sistema produtivo, industrial e agrícola. Apesar disso, no Brasil, a abordagem da Química escolar continua praticamente a mesma. Embora às vezes “maquiada” com uma aparência de modernidade, a essência permanece a mesma, priorizando-se as informações desligadas da realidade vivida pelos alunos e pelos professores.

Enfatiza-se por demais propriedades periódicas, tais como eletronegatividade, raio atômico, potencial de ionização, em detrimento de conteúdos mais significativos sobre os próprios elementos químicos, como a ocorrência, métodos de preparação, propriedades, aplicações e as correlações entre esses assuntos. Estas correlações podem ser exemplificadas no caso do enxofre elementar: sua distribuição no globo terrestre segue uma linha que está determinada pelas regiões vulcânicas; sua obtenção se baseia no seu relativamente baixo ponto de fusão e suas propriedades químicas o tornam material imprescindível para a indústria química. Mesmo tão relevantes, essas propriedades são pouco lembradas no contexto do aprendizado escolar.

O aprendizado de Química pelos alunos de Ensino Médio implica que eles compreendam as transformações químicas que ocorrem no mundo físico de forma abrangente e integrada e assim possam julgar com fundamentos as informações advindas da tradição cultural, da mídia e da própria escola e tomar decisões autonomamente, enquanto indivíduos e cidadãos. Esse aprendizado deve possibilitar ao aluno a compreensão tanto dos processos químicos em si quanto da construção de um conhecimento científico em estreita relação com as aplicações tecnológicas e suas implicações ambientais, sociais, políticas e econômicas. Tal a importância da presença da Química em um Ensino Médio compreendido na perspectiva de uma Educação Básica.

O ser humano, na luta pela sua sobrevivência, sempre teve a necessidade de conhecer, entender e utilizar o mundo que o cerca. Nesse processo, obteve alimentos por coleta de vegetais, caça e pesca; descobriu abrigos, protegendo-se contra animais e intempéries; descobriu a força dos ventos e das águas, o fogo e a periodicidade do clima nas estações do ano. A necessidade de utilização sistemática dessas descobertas fez com que o ser humano passasse para outro estágio de desenvolvimento, decorrente da invenção de processos de produção e de controle daquelas descobertas, como produção e manutenção do fogo, invenção da irrigação, invenção da agricultura e da criação de animais, produção de ferramentas, invenção da metalurgia, cerâmica, tecidos. Assim, das raízes históricas ao seu processo de afirmação como conhecimento sistematizado, isto é, como ciência, a Química tornou-se um dos meios de interpretação e utilização do mundo físico.

É óbvio que o mundo físico é um sistema global complexo, formado por subsistemas que, interagindo e se relacionando, interferem nos processos sociais, econômicos, políticos, científicos, tecnológicos, éticos e culturais. O conhecimento especializado, o conhecimento químico isolado, é necessário mas não suficiente para o entendimento do mundo físico, pois não é capaz de estabelecer explícita e constantemente, por si só, as interações com outros subsistemas. Isso é verdade não só na Química. Por exemplo, para a compreensão da respiração humana, não basta o conhecimento do aparelho respiratório. É necessário que se conheçam conceitos como pressão atmosférica, dissolução e transporte de gases, combustão, capilaridade.

Na interpretação do mundo através das ferramentas da Química, é essencial que se explicita seu caráter dinâmico. Assim, o conhecimento químico não deve ser entendido como um conjunto de conhecimentos isolados, prontos e acabados, mas sim uma construção da mente humana, em contínua mudança. A História da Química, como parte do conhecimento socialmente produzido, deve permear todo o ensino de Química, possibilitando ao aluno a compreensão do processo de elaboração desse conhecimento, com seus avanços, erros e conflitos.

A consciência de que o conhecimento científico é assim dinâmico e mutável ajudará o estudante e o professor a terem a necessária visão crítica da ciência. Não se pode simplesmente aceitar a ciência como pronta e acabada e os conceitos atualmente aceitos pelos cientistas e ensinados nas escolas como “verdade absoluta”. Assim, por exemplo, a investigação de compostos químicos interestelares conduziu recentemente à inesperada identificação de uma nova classe de alótropos de carbono batizados de “fulerenos”, abrindo um campo de pesquisa inteiramente novo. Tampouco deve o aluno ficar com impressão de que existe uma “ciência” acima do bem e do mal, que o

cientista tenta descobrir. A ciência deve ser percebida como uma criação do intelecto humano e, como qualquer atividade humana, também submetida a avaliações de natureza ética.

Os conhecimentos difundidos no ensino da Química permitem a construção de uma visão de mundo mais articulada e menos fragmentada, contribuindo para que o indivíduo se veja como participante de um mundo em constante transformação. Para isso, esses conhecimentos devem traduzir-se em competências e habilidades cognitivas e afetivas. Cognitivas e afetivas, sim, para poderem ser consideradas competências em sua plenitude.

A aquisição do conhecimento, mais do que a simples memorização, pressupõe habilidades cognitivas lógico-empíricas e lógico-formais. Alunos com diferentes histórias de vida podem desenvolver e apresentar diferentes leituras ou perfis conceituais sobre fatos químicos, que poderão interferir nas habilidades cognitivas. O aprendizado deve ser conduzido levando-se em conta essas diferenças. No processo coletivo da construção do conhecimento em sala de aula, valores como respeito pela opinião dos colegas, pelo trabalho em grupo, responsabilidade, lealdade e tolerância têm que ser enfatizados, de forma a tornar o ensino de Química mais eficaz, assim como para contribuir para o desenvolvimento dos valores humanos que são objetivos concomitantes do processo educativo.

Enfim, as competências e habilidades cognitivas e afetivas desenvolvidas no ensino de Química deverão capacitar os alunos a tomarem suas próprias decisões em situações problemáticas, contribuindo assim para o desenvolvimento do educando como pessoa humana e como cidadão. Para seguir o fio condutor aqui proposto para o ensino de Química, combinando visão sistêmica do conhecimento e formação da cidadania, há necessidade de se reorganizar os conteúdos químicos atualmente ensinados, bem como a metodologia empregada.

Considerando-se, entretanto, que o ensino de Química praticado em grande número de escolas está muito distante do que se propõe, é necessário então que ele seja entendido criticamente, em suas limitações, para que estas possam ser superadas.

Vale lembrar que o ensino de Química tem se reduzido à transmissão de informações, definições e leis isoladas, sem qualquer relação com a vida do aluno, exigindo deste quase sempre a pura memorização, restrita a baixos níveis cognitivos. Enfatizam-se muitos tipos de classificação, como tipos de reações, ácidos, soluções, que não representam aprendizagens significativas. Transforma-se, muitas vezes, a linguagem química, uma ferramenta, no fim último do conhecimento. Reduz-se o conhecimento químico a fórmulas matemáticas e à aplicação de “regrinhas”, que devem ser exaustivamente treinadas, supondo a mecanização e não o entendimento de uma situação-problema. Em outros momentos, o ensino atual privilegia aspectos teóricos, em níveis de abstração inadequados aos dos estudantes.

Como o ensino atualmente pressupõe um número muito grande de conteúdos a serem tratados, com detalhamento muitas vezes exagerado, alega-se falta de tempo e a necessidade de “correr com a matéria”, desconsiderando-se a participação efetiva do estudante no diálogo mediador da construção do conhecimento. Além de promover esse diálogo, é preciso objetivar um ensino de Química que possa contribuir para uma visão mais ampla do conhecimento, que possibilite melhor compreensão do mundo físico e para a construção da cidadania, colocando em pauta, na sala de



aula, conhecimentos socialmente relevantes, que façam sentido e possam se integrar à vida do aluno.

Diferentes realidades educacionais e sociais pressupõem diversas percepções desses conhecimentos químicos e diversas propostas de ação pedagógica. Entretanto, mesmo considerando essa diversidade, pode-se traçar as linhas gerais que permitiriam aproximar o ensino atual daquele desejado. Tendo em vista essas considerações, o redimensionamento do conteúdo e da metodologia poderá ser feito dentro de duas perspectivas que se complementam: a que considera a vivência individual de cada aluno e a que considera o coletivo em sua interação com o mundo físico.

Em um primeiro momento, utilizando-se a vivência dos alunos e os fatos do dia-a-dia, a tradição cultural, a mídia e a vida escolar, busca-se reconstruir os conhecimentos químicos que permitiriam refazer essas leituras de mundo, agora com fundamentação também na ciência. Buscam-se, enfim, mudanças conceituais. Nessa etapa, desenvolvem-se “ferramentas químicas” mais apropriadas para estabelecer ligações com outros campos do conhecimento. É o início da interdisciplinaridade. O conteúdo a ser abordado, nessa fase, deve proporcionar um entendimento amplo acerca da transformação química, envolvendo inicialmente seu reconhecimento qualitativo e suas interrelações com massa, energia e tempo. Esse re-conhecimento deve levar em conta, inicialmente, os produtos formados, sua extensão total, para, depois, considerar também a coexistência de reagentes e produtos, sua extensão variável e o equilíbrio químico.

É importante apresentar ao aluno fatos concretos, observáveis e mensuráveis, uma vez que os conceitos que o aluno traz para a sala de aula advêm principalmente de sua leitura do mundo macroscópico. Dentro dessa óptica macroscópica, podem ser entendidas também as relações quantitativas de massa, energia e tempo que existem nas transformações químicas. Esse entendimento exige e pode ser o ponto de partida para o desenvolvimento de habilidades referentes ao reconhecimento de tendências e relações a partir de dados experimentais, de raciocínio proporcional, bem como de leitura e construção de tabelas e gráficos.

Assim, por exemplo, o tratamento das relações entre tempo e transformação química deve ser iniciado pela exploração dos aspectos qualitativos, que permitem reconhecer, no dia-a-dia, reações rápidas, como combustão e explosão, e lentas, como o enferrujamento e o amadurecimento de um fruto, estabelecendo critérios de reconhecimento. Controlar e modificar a rapidez com que uma transformação ocorre são conhecimentos importantes sob os pontos de vista econômico, social e ambiental. É desejável, portanto, que o aluno desenvolva competências e habilidades de identificar e controlar as variáveis que podem modificar a rapidez das transformações, como temperatura, estado de agregação, concentração e catalisador, reconhecendo a aplicação desses conhecimentos ao sistema produtivo e a outras situações de interesse social. Estabelecidas essas relações e ampliando-as, é preciso que se percebam as relações quantitativas que expressam a rapidez de uma transformação química, reconhecendo, selecionando ou propondo procedimentos experimentais que permitem o estabelecimento das relações matemáticas existentes, como a “lei da velocidade”.

Entretanto, um entendimento amplo da transformação química envolve também a busca de explicações para os fatos estudados, recorrendo-se a interpretações conforme modelos explicativos microscópicos. Nessa fase inicial, não se pode pretender esgotar tal assunto, procurando-se

apresentar as idéias menos complexas acerca da estrutura atômica e ligação química e que são suficientes para dar conta dos fatos macroscópicos que se quer explicar. É essencial que essas interpretações microscópicas expliquem também os aspectos quantitativos relacionados à massa, energia e tempo.

Retomando o exemplo das relações entre transformação química e tempo, os fatos macroscópicos já estudados podem ser o ponto de partida para a construção de modelos microscópicos, como a teoria das colisões, que, além de explicarem tais fatos, possam dar conta de explicar e prever novos fatos, demandando habilidades de estabelecer conexões hipotético-lógicas.

Deve-se considerar que a Química utiliza uma linguagem própria para a representação do real e as transformações químicas, através de símbolos, fórmulas, convenções e códigos. Assim, é necessário que o aluno desenvolva competências adequadas para reconhecer e saber utilizar tal linguagem, sendo capaz de entender e empregar, a partir das informações, a representação simbólica das transformações químicas. A memorização indiscriminada de símbolos, fórmulas e nomes de substâncias não contribui para o desenvolvimento de competências e habilidades desejáveis no Ensino Médio.

Assim como os outros campos do conhecimento, a Química utiliza também uma linguagem matemática associada aos fenômenos macro e microscópicos. O domínio dessa linguagem servirá para desenvolver competências e habilidades referentes ao estabelecimento de relações lógico-empíricas, lógico-formais, hipotético-lógicas e de raciocínio proporcional. Mais uma vez, vale explicitar que algoritmos e “regrinhas” simplesmente memorizados não desenvolvem essas competências e habilidades.

Os conteúdos nessa fase devem ser abordados a partir de temas que permitam a contextualização do conhecimento. Nesse sentido, podem ser explorados, por exemplo, temas como metalurgia, solos e sua fertilização, combustíveis e combustão, obtenção, conservação e uso dos alimentos, chuva ácida, tratamento de água etc. Não se pretende que esses temas sejam esgotados, mesmo porque as interrelações conceituais e factuais podem ser muitas e complexas. Esses temas, mais do que fontes desencadeadoras de conhecimentos específicos, devem ser vistos como instrumentos para uma primeira leitura integrada do mundo com as lentes da Química.

Tratados dessa forma, os conteúdos ganham flexibilidade e interatividade, deslocando-se do tratamento usual que procura esgotar um a um os diversos “tópicos” da Química, para o tratamento de uma situação-problema, em que os aspectos pertinentes do conhecimento químico, necessários para a compreensão e a tentativa de solução, são evidenciados.

Para essa leitura do mundo, é preciso que se desenvolvam também habilidades e competências de identificar fontes de informação e de formas de obter informações relevantes em Química, sabendo interpretá-las não só nos seus aspectos químicos, mas considerando também as implicações sócio-políticas, culturais e econômicas. Para dar conta de tais interpretações, são necessárias competências e habilidades de reconhecer os limites éticos e morais do conhecimento científico, tecnológico e das suas relações.

O mundo atual exige mais do que a interpretação das informações. Exige também competências e habilidades ligadas ao uso dessas interpretações nos processos investigativos de situações

problemáticas, objetivando resolver ou minimizar tais problemas. Não é suficiente para a formação da cidadania o conhecimento de fatos químicos e suas interpretações. Um estudo sobre a problemática do uso ou não de conservantes em alimentos abordaria vários aspectos do conhecimento químico, tais como natureza e rapidez das transformações responsáveis pelas degradações de alimentos, natureza química dos conservantes, interações que ocorrem no processo de conservação, como a oxidação e a osmose, interações com o organismo humano, de toxicidade ou de reações indesejáveis, diferentes processos de conservação, como desidratação e embalagem. Esses conhecimentos contribuem, mas não são suficientes para que se entenda e se tenha uma postura com relação a tal problemática. É necessário, ainda, que se analisem os aspectos sócio-econômicos e éticos envolvidos.

Indiscutivelmente, o saber organizado como ciência gerou ou trouxe explicações para o saber tecnológico e, muitas vezes, o saber tecnológico antecedeu o saber cientificamente organizado. Conseqüentemente, propõe-se, no segundo momento, evidenciar como os saberes científico e tecnológico contribuíram para a sobrevivência do ser humano. Na luta pela sua sobrevivência, o ser humano extraiu e sintetizou materiais a partir da biosfera, hidrosfera, litosfera e atmosfera. Nesses processos, ele afetou seu ambiente, modificando-o e degradando-o. Dessa maneira, os conteúdos a serem abordados nessa fase devem se referir aos materiais extraídos e sintetizados pelo ser humano, bem como aos materiais introduzidos no ambiente em decorrência dos processos de fabricação e de uso. Devem abordar as implicações econômicas, sociais e políticas dos sistemas produtivos agrícola e industrial.

Para se compreender, por exemplo, a interação do ser humano com a atmosfera do ponto de vista da Química, é preciso que se entenda como a atmosfera se formou e permitiu a manutenção de vida na Terra, bem como se tornou fonte de materiais úteis à sobrevivência humana. Pode-se conhecer como o homem transformou o nitrogênio em substâncias para os mais variados usos, como fertilizantes na agricultura e intermediários na indústria química, a exemplo do ácido nítrico e da amônia. Pode-se também procurar entender e avaliar como esses processos de transformação e os usos dos materiais produzidos modificaram o ambiente, na poluição atmosférica, e qual o papel do cidadão e da sociedade frente às modificações ambientais. Ainda, a compreensão do ciclo biogeoquímico do nitrogênio pode contribuir para a construção de uma visão integrada dos processos que ocorrem na natureza.

Esses conhecimentos exigem, entre outras, competências e habilidades de reconhecer o papel da Química no sistema produtivo, reconhecer as relações entre desenvolvimento científico e tecnológico e aspectos sociopolítico-econômicos, como nas relações entre produção de fertilizantes, produtividade agrícola e poluição ambiental, e de reconhecer limites éticos e morais envolvidos no desenvolvimento da Química e da tecnologia, apontando a importância do emprego de processos industriais ambientalmente limpos, controle e monitoramento da poluição, divulgação pública de índices de qualidade ambiental.

Deve-se considerar ainda a enorme quantidade de informações atualmente disponíveis, relativas aos conhecimentos sugeridos no estudo das interações homem-atmosfera. Reconhecer as fontes de informações, como obtê-las, analisá-las e utilizá-las, para direcionar posturas e ações, são

habilidades que devem ser enfocadas nesse estudo. A diversidade de materiais e de processos químicos existentes e utilizados no mundo atual impõe escolhas criteriosas dos conteúdos, as quais podem considerar, por exemplo, a realidade e interesses regionais, sem perder, entretanto, a visão integrada das regiões.

A perspectiva de ensinar Química ligada à sobrevivência e ao desenvolvimento sócio-ambiental sustentável, oferece a oportunidade do não estabelecimento de barreiras rígidas entre as assim chamadas áreas da Química, ou seja, a orgânica, a Físico-Química, a Bioquímica, a Inorgânica etc. Dessa perspectiva, elimina-se a memorização descontextualizada do ensino da Química “descritiva”. Os estudos relativos à atmosfera já mencionados envolvem, por exemplo, conhecimentos habitualmente tratados na Físico-química, como o comportamento dos gases, as concentrações, e, na Bioquímica, o oxigênio e a vida ou, na Inorgânica, os compostos de nitrogênio, oxigênio, gases nobres etc.

Nessa segunda fase, os estudos a partir da atmosfera, hidrosfera, litosfera e biosfera são muito apropriados para aprofundar a interdisciplinaridade, pois o entendimento da participação de cada uma dessas partes no conjunto e a do próprio conjunto requerem não só o conhecimento específico, mas fundamentalmente o entendimento dos resultados das interações entre os conhecimentos químicos e os conhecimentos físicos, biológicos e geológicos.

Como se pode perceber, no primeiro momento da aprendizagem de Química prevalece a construção dos conceitos a partir de fatos. Já no segundo momento, prevalece o conhecimento de informações ligadas à sobrevivência do ser humano. Na interpretação dessas informações, utilizam-se os conceitos já construídos, bem como constróem-se outros, necessários para a compreensão dos assuntos tratados. As competências e habilidades desenvolvidas na primeira leitura do mundo físico sob a ótica da Química são reutilizadas e, nesse processo, podem ser aperfeiçoadas, de acordo com a complexidade das situações em estudo.

Como, nesses dois momentos, visa-se a uma aprendizagem ativa e significativa, as abordagens dos temas devem ser feitas através de atividades elaboradas para provocar a especulação, a construção e a reconstrução de idéias. Dessa forma, os dados obtidos em demonstrações, em visitas, em relatos de experimentos ou no laboratório devem permitir, através de trabalho em grupo, discussões coletivas, que se construam conceitos e se desenvolvam competências e habilidades. Por exemplo, a análise de dados referentes a um boletim de produção de uma indústria siderúrgica pode servir de ponto de partida para a compreensão das relações quantitativas nas transformações químicas e, por conseguinte, nos processos produtivos.

Deve ficar claro aqui que a experimentação na escola média tem função pedagógica, diferentemente da experiência conduzida pelo cientista. A experimentação formal em laboratórios didáticos, por si só, não soluciona o problema de ensino-aprendizagem em Química. As atividades experimentais podem ser realizadas na sala de aula, por demonstração, em visitas e por outras modalidades. Qualquer que seja a atividade a ser desenvolvida, deve-se ter clara a necessidade de períodos pré e pós atividade, visando à construção dos conceitos. Dessa forma, não se desvinculam “teoria” e “laboratório”.

Ainda na elaboração das atividades, deve-se considerar também o desenvolvimento de habilidades cognitivas, tais como controle de variáveis, tradução da informação de uma forma de comunicação para outra, como gráficos, tabelas, equações químicas, a elaboração de estratégias para a resolução de problemas, tomadas de decisão baseadas em análises de dados e valores, como integridade na comunicação dos dados, respeito às idéias dos colegas e às suas próprias e colaboração no trabalho coletivo.

As habilidades e competências que devem ser promovidas no ensino de Química devem estar estreitamente vinculadas aos conteúdos a serem desenvolvidos, sendo parte indissociável desses conteúdos, e devem ser concretizadas a partir dos diferentes temas propostos para o estudo da Química, em níveis de aprofundamento compatíveis com o assunto tratado e com o nível de desenvolvimento cognitivo dos estudantes. Essas habilidades e competências estão sintetizadas em tabela apresentada abaixo.

Para que se possa ter uma visão mais específica, apresenta-se a metalurgia como um exemplo de abordagem de temas, objetivando o desenvolvimento das competências e habilidades que levam ao fio condutor proposto. Pode-se, no primeiro momento, focalizar o problema da mineração e metalurgia do ferro no Brasil, visando ao desenvolvimento das competências e habilidades dentro do campo da percepção sócio-cultural e histórica. Considerando as habilidades e competências propostas em Química, o aluno aprende a ler e a representar as transformações químicas que ocorrem no alto-forno. Analisando o boletim de produção de uma siderúrgica, pode-se entender o rendimento de um processo industrial e associá-lo ao rendimento baseado na estequiometria. Visando à generalização, esse entendimento pode ser estendido a outras transformações químicas, sem, no entanto, esgotar o assunto. Desenvolve-se, nesse ponto, a habilidade de se realizar raciocínio proporcional. Um primeiro entendimento da transformação química e suas relações de massa baseia-se na compreensão em nível macroscópico. A seguir, o entendimento desses fatos deve ser feito dentro de visão microscópica, de rearranjo de átomos e relações entre quantidades de matéria. Tendo por objetivo o desenvolvimento das habilidades relacionadas à investigação, pode-se propor ao aluno que investigue as causas do aparecimento da ferrugem.

A metalurgia pode ainda ser examinada no contexto de um estudo mais amplo da litosfera. Assim, estudam-se fontes naturais de minérios dos quais se extraem os diferentes metais, os processos químicos envolvidos nessas transformações, as implicações sociais, econômicas e ambientais decorrentes da obtenção e do uso desses metais. Esses estudos deverão ser estruturados de tal forma a permitir o desenvolvimento das competências e habilidades nos três campos (representação e comunicação, compreensão e investigação e percepção social e histórica) propostos neste documento.

Outros temas podem ser enfocados dessa mesma maneira. Por exemplo, o tema combustível pode, num primeiro momento, ser estudado em termos do entendimento das reações de combustão, tanto em seus aspectos qualitativos, quantitativos, macroscópicos e microscópicos. Num segundo momento, deve-se procurar entender a problemática dos combustíveis, considerando-se as fontes renováveis e não renováveis, litosfera e biosfera, os problemas ambientais decorrentes do uso dos combustíveis, as relações entre desenvolvimento sócio-econômico e disponibilidades de energia.

Evidentemente, foram apresentados apenas possíveis esboços a título de esclarecimento e orientação da reorganização do conteúdo e da metodologia que permitiriam desenvolver as competências e habilidades desejadas. Nunca se deve perder de vista que o ensino de Química visa a contribuir para a formação da cidadania e, dessa forma, deve permitir o desenvolvimento de conhecimentos e valores que possam servir de instrumentos mediadores da interação do indivíduo com o mundo. Consegue-se isso mais efetivamente ao se contextualizar o aprendizado, o que pode ser feito com exemplos mais gerais, universais, ou com exemplos de relevância mais local, regional.

# **Competências e habilidades a serem desenvolvidas em Química**

## **Representação e comunicação**

- Descrever as transformações químicas em linguagens discursivas.
- Compreender os códigos e símbolos próprios da Química atual.
- Traduzir a linguagem discursiva em linguagem simbólica da Química e vice-versa. Utilizar a representação simbólica das transformações químicas e reconhecer suas modificações ao longo do tempo.
- Traduzir a linguagem discursiva em outras linguagens usadas em Química: gráficos, tabelas e relações matemáticas.
- Identificar fontes de informação e formas de obter informações relevantes para o conhecimento da Química (livro, computador, jornais, manuais etc).

## **Investigação e compreensão**

- Compreender e utilizar conceitos químicos dentro de uma visão macroscópica (lógico-empírica).
- Compreender os fatos químicos dentro de uma visão macroscópica (lógico-formal).
- Compreender dados quantitativos, estimativa e medidas, compreender relações proporcionais presentes na Química (raciocínio proporcional).
- Reconhecer tendências e relações a partir de dados experimentais ou outros (classificação, seriação e correspondência em Química).
- Selecionar e utilizar idéias e procedimentos científicos (leis, teorias, modelos) para a resolução de problemas qualitativos e quantitativos em Química, identificando e acompanhando as variáveis relevantes.
- Reconhecer ou propor a investigação de um problema relacionado à Química, selecionando procedimentos experimentais pertinentes.
- Desenvolver conexões hipotético-lógicas que possibilitem previsões acerca das transformações químicas.

## **Contextualização sócio-cultural**

- Reconhecer aspectos químicos relevantes na interação individual e coletiva do ser humano com o ambiente.
- Reconhecer o papel da Química no sistema produtivo, industrial e rural.
- Reconhecer as relações entre o desenvolvimento científico e tecnológico da Química e aspectos sócio-político-culturais.
- Reconhecer os limites éticos e morais que podem estar envolvidos no desenvolvimento da Química e da tecnologia.

## Conhecimentos de Matemática

À medida que vamos nos integrando ao que se denomina uma sociedade da informação crescentemente globalizada, é importante que a Educação se volte para o desenvolvimento das capacidades de comunicação, de resolver problemas, de tomar decisões, de fazer inferências, de criar, de aperfeiçoar conhecimentos e valores, de trabalhar cooperativamente.

Ao se estabelecer um primeiro conjunto de parâmetros para a organização do ensino de Matemática no Ensino Médio, pretende-se contemplar a necessidade da sua adequação para o desenvolvimento e promoção de alunos, com diferentes motivações, interesses e capacidades, criando condições para a sua inserção num mundo em mudança e contribuindo para desenvolver as capacidades que deles serão exigidas em sua vida social e profissional. Em um mundo onde as necessidades sociais, culturais e profissionais ganham novos contornos, todas as áreas requerem alguma competência em Matemática e a possibilidade de compreender conceitos e procedimentos matemáticos é necessária tanto para tirar conclusões e fazer argumentações, quanto para o cidadão agir como consumidor prudente ou tomar decisões em sua vida pessoal e profissional.

A Matemática no Ensino Médio tem um valor formativo, que ajuda a estruturar o pensamento e o raciocínio dedutivo, porém também desempenha um papel instrumental, pois é uma ferramenta que serve para a vida cotidiana e para muitas tarefas específicas em quase todas as atividades humanas.

Em seu papel formativo, a Matemática contribui para o desenvolvimento de processos de pensamento e a aquisição de atitudes, cuja utilidade e alcance transcendem o âmbito da própria Matemática, podendo formar no aluno a capacidade de resolver problemas genuínos, gerando hábitos de investigação, proporcionando confiança e desprendimento para analisar e enfrentar situações novas, propiciando a formação de uma visão ampla e científica da realidade, a percepção da beleza e da harmonia, o desenvolvimento da criatividade e de outras capacidades pessoais.

No que diz respeito ao caráter instrumental da Matemática no Ensino Médio, ela deve ser vista pelo aluno como um conjunto de técnicas e estratégias para serem aplicadas a outras áreas do conhecimento, assim como para a atividade profissional. Não se trata de os alunos possuírem muitas e sofisticadas estratégias, mas sim de desenvolverem a iniciativa e a segurança para adaptá-las a diferentes contextos, usando-as adequadamente no momento oportuno.

Nesse sentido, é preciso que o aluno perceba a Matemática como um sistema de códigos e regras que a tornam uma linguagem de comunicação de idéias e permite modelar a realidade e interpretá-la. Assim, os números e a álgebra como sistemas de códigos, a geometria na leitura e interpretação do espaço, a estatística e a probabilidade na compreensão de fenômenos em universos finitos são subáreas da Matemática especialmente ligadas às aplicações.

Contudo, a Matemática no Ensino Médio não possui apenas o caráter formativo ou instrumental, mas também deve ser vista como ciência, com suas características estruturais específicas. É importante que o aluno perceba que as definições, demonstrações e encadeamentos conceituais e



lógicos têm a função de construir novos conceitos e estruturas a partir de outros e que servem para validar intuições e dar sentido às técnicas aplicadas.

A essas concepções da Matemática no Ensino Médio se junta a idéia de que, no Ensino Fundamental, os alunos devem ter se aproximado de vários campos do conhecimento matemático e agora estão em condições de utilizá-los e ampliá-los e desenvolver de modo mais amplo capacidades tão importantes quanto as de abstração, raciocínio em todas as suas vertentes, resolução de problemas de qualquer tipo, investigação, análise e compreensão de fatos matemáticos e de interpretação da própria realidade.

Por fim, cabe à Matemática do Ensino Médio apresentar ao aluno o conhecimento de novas informações e instrumentos necessários para que seja possível a ele continuar aprendendo. Saber aprender é a condição básica para prosseguir aperfeiçoando-se ao longo da vida. Sem dúvida, cabe a todas as áreas do Ensino Médio auxiliar no desenvolvimento da autonomia e da capacidade de pesquisa, para que cada aluno possa confiar em seu próprio conhecimento.

É preciso ainda uma rápida reflexão sobre a relação entre Matemática e tecnologia. Embora seja comum, quando nos referimos às tecnologias ligadas à Matemática, tomarmos por base a informática e o uso de calculadoras, estes instrumentos, não obstante sua importância, de maneira alguma constituem o centro da questão.

O impacto da tecnologia na vida de cada indivíduo vai exigir competências que vão além do simples lidar com as máquinas. A velocidade do surgimento e renovação de saberes e de formas de fazer em todas as atividades humanas tornarão rapidamente ultrapassadas a maior parte das competências adquiridas por uma pessoa ao início de sua vida profissional.

O trabalho ganha então uma nova exigência, que é a de aprender continuamente em um processo não mais solitário. O indivíduo, imerso em um mar de informações, se liga a outras pessoas, que, juntas, complementar-se-ão em um exercício coletivo de memória, imaginação, percepção, raciocínios e competências para a produção e transmissão de conhecimentos.

Esse impacto da tecnologia, cujo instrumento mais relevante é hoje o computador, exigirá do ensino de Matemática um redirecionamento sob uma perspectiva curricular que favoreça o desenvolvimento de habilidades e procedimentos com os quais o indivíduo possa se reconhecer e se orientar nesse mundo do conhecimento em constante movimento.

Para isso, habilidades como selecionar informações, analisar as informações obtidas e, a partir disso, tomar decisões exigirão linguagem, procedimentos e formas de pensar matemáticos que devem ser desenvolvidos ao longo do Ensino Médio, bem como a capacidade de avaliar limites, possibilidades e adequação das tecnologias em diferentes situações.

Assim, as funções da Matemática descritas anteriormente e a presença da tecnologia nos permitem afirmar que aprender Matemática no Ensino Médio deve ser mais do que memorizar resultados dessa ciência e que a aquisição do conhecimento matemático deve estar vinculada ao domínio de um saber fazer Matemática e de um saber pensar matemático.

Esse domínio passa por um processo lento, trabalhoso, cujo começo deve ser uma prolongada atividade sobre resolução de problemas de diversos tipos, com o objetivo de elaborar conjecturas, de estimular a busca de regularidades, a generalização de padrões, a capacidade de argumentação,

elementos fundamentais para o processo de formalização do conhecimento matemático e para o desenvolvimento de habilidades essenciais à leitura e interpretação da realidade e de outras áreas do conhecimento.

Feitas as considerações sobre a importância da Matemática no Ensino Médio, devemos agora estabelecer os objetivos para que o ensino dessa disciplina possa resultar em aprendizagem real e significativa para os alunos.

As finalidades do ensino de Matemática no nível médio indicam como objetivos levar o aluno a:

- compreender os conceitos, procedimentos e estratégias matemáticas que permitam a ele desenvolver estudos posteriores e adquirir uma formação científica geral;
- aplicar seus conhecimentos matemáticos a situações diversas, utilizando-os na interpretação da ciência, na atividade tecnológica e nas atividades cotidianas;
- analisar e valorizar informações provenientes de diferentes fontes, utilizando ferramentas matemáticas para formar uma opinião própria que lhe permita expressar-se criticamente sobre problemas da Matemática, das outras áreas do conhecimento e da atualidade;
- desenvolver as capacidades de raciocínio e resolução de problemas, de comunicação, bem como o espírito crítico e criativo;
- utilizar com confiança procedimentos de resolução de problemas para desenvolver a compreensão dos conceitos matemáticos;
- expressar-se oral, escrita e graficamente em situações matemáticas e valorizar a precisão da linguagem e as demonstrações em Matemática;
- estabelecer conexões entre diferentes temas matemáticos e entre esses temas e o conhecimento de outras áreas do currículo;
- reconhecer representações equivalentes de um mesmo conceito, relacionando procedimentos associados às diferentes representações;
- promover a realização pessoal mediante o sentimento de segurança em relação às suas capacidades matemáticas, o desenvolvimento de atitudes de autonomia e cooperação.

Essencial é a atenção que devemos dar ao desenvolvimento de valores, habilidades e atitudes desses alunos em relação ao conhecimento e às relações entre colegas e professores. A preocupação com esses aspectos da formação dos indivíduos estabelece uma característica distintiva desta proposta, pois valores, habilidades e atitudes são, a um só tempo, objetivos centrais da educação e também são elas que permitem ou impossibilitam a aprendizagem, quaisquer que sejam os conteúdos e as metodologias de trabalho. Descuidar do trabalho com a formação geral do indivíduo impede o desenvolvimento do pensamento científico, pois o pano de fundo das salas de aula se constitui dos preconceitos e concepções errôneas que esses alunos trazem sobre o que é aprender, sobre o significado das atividades matemáticas e a natureza da própria ciência.

Como vimos, a Matemática, integrando a área das Ciências da Natureza e Tecnologia do Ensino Médio, tem caráter instrumental mais amplo, além de sua dimensão própria, de investigação e invenção. Certamente, ela se situa como linguagem, instrumento portanto de expressão e raciocínio, estabelecendo-se também como espaço de elaboração e compreensão de idéias que se desenvolvem em estreita relação com o todo social e cultural, portanto ela possui também uma dimensão

histórica. Por isso, o conjunto de competências e habilidades que o trabalho de Matemática deve auxiliar a desenvolver pode ser descrito tendo em vista este relacionamento com as demais áreas do saber, cada uma delas aglutinadora de área correspondente no Ensino Médio, o que consta do quadro resumo das competências e habilidades gerais da área.

Para que essa etapa da escolaridade possa complementar a formação iniciada na escola básica e permitir o desenvolvimento das capacidades que são os objetivos do ensino de Matemática, é preciso rever e redimensionar alguns dos temas tradicionalmente ensinados.

De fato, não basta revermos a forma ou metodologia de ensino, se mantivermos o conhecimento matemático restrito à informação, com as definições e os exemplos, assim como a exercitação, ou seja, exercícios de aplicação ou fixação. Pois, se os conceitos são apresentados de forma fragmentada, mesmo que de forma completa e aprofundada, nada garante que o aluno estabeleça alguma significação para as idéias isoladas e desconectadas umas das outras. Acredita-se que o aluno sozinho seja capaz de construir as múltiplas relações entre os conceitos e formas de raciocínio envolvidas nos diversos conteúdos; no entanto, o fracasso escolar e as dificuldades dos alunos frente à Matemática mostram claramente que isso não é verdade.

Também por isso, o currículo a ser elaborado deve corresponder a uma boa seleção, deve contemplar aspectos dos conteúdos e práticas que precisam ser enfatizados. Outros aspectos merecem menor ênfase e devem mesmo ser abandonados por parte dos organizadores de currículos e professores. Essa organização terá de cuidar dos conteúdos mínimos da Base Nacional Comum, assim como fazer algumas indicações sobre possíveis temas que podem compor a parte do currículo flexível, a ser organizado em cada unidade escolar, podendo ser de aprofundamento ou direcionar-se para as necessidades e interesses da escola e da comunidade em que ela está inserida.

Sem dúvida, os elementos essenciais de um núcleo comum devem compor uma série de temas ou tópicos em Matemática escolhidos a partir de critérios que visam ao desenvolvimento das atitudes e habilidades descritas anteriormente.

O critério central é o da contextualização e da interdisciplinaridade, ou seja, é o potencial de um tema permitir conexões entre diversos conceitos matemáticos e entre diferentes formas de pensamento matemático, ou, ainda, a relevância cultural do tema, tanto no que diz respeito às suas aplicações dentro ou fora da Matemática, como à sua importância histórica no desenvolvimento da própria ciência.

Um primeiro exemplo disso pode ser observado com relação às funções. O ensino isolado desse tema não permite a exploração do caráter integrador que ele possui. Devemos observar que uma parte importante da Trigonometria diz respeito às funções trigonométricas e seus gráficos. As seqüências, em especial progressões aritméticas e progressões geométricas, nada mais são que particulares funções. As propriedades de retas e parábolas estudadas em Geometria Analítica são propriedades dos gráficos das funções correspondentes. Aspectos do estudo de polinômios e equações algébricas podem ser incluídos no estudo de funções polinomiais, enriquecendo o enfoque algébrico que é feito tradicionalmente.

Além das conexões internas à própria Matemática, o conceito de função desempenha também papel importante para descrever e estudar através da leitura, interpretação e construção de gráficos,

o comportamento de certos fenômenos tanto do cotidiano, como de outras áreas do conhecimento, como a Física, Geografia ou Economia. Cabe, portanto, ao ensino de Matemática garantir que o aluno adquira certa flexibilidade para lidar com o conceito de função em situações diversas e, nesse sentido, através de uma variedade de situações problema de Matemática e de outras áreas, o aluno pode ser incentivado a buscar a solução, ajustando seus conhecimentos sobre funções para construir um modelo para interpretação e investigação em Matemática.

Outro tema que exemplifica a relação da aprendizagem de Matemática com o desenvolvimento de habilidades e competências é a Trigonometria, desde que seu estudo esteja ligado às aplicações, evitando-se o investimento excessivo no cálculo algébrico das identidades e equações para enfatizar os aspectos importantes das funções trigonométricas e da análise de seus gráficos. Especialmente para o indivíduo que não prosseguirá seus estudos nas carreiras ditas exatas, o que deve ser assegurado são as aplicações da Trigonometria na resolução de problemas que envolvem medições, em especial o cálculo de distâncias inacessíveis, e na construção de modelos que correspondem a fenômenos periódicos. Nesse sentido, um projeto envolvendo também a Física pode ser uma grande oportunidade de aprendizagem significativa.

O currículo do Ensino Médio deve garantir também espaço para que os alunos possam estender e aprofundar seus conhecimentos sobre números e álgebra, mas não isoladamente de outros conceitos, nem em separado dos problemas e da perspectiva sócio-histórica que está na origem desses temas. Estes conteúdos estão diretamente relacionados ao desenvolvimento de habilidades que dizem respeito à resolução de problemas, à apropriação da linguagem simbólica, à validação de argumentos, à descrição de modelos e à capacidade de utilizar a Matemática na interpretação e intervenção no real.

O trabalho com números pode também permitir que os alunos se apropriem da capacidade de estimativa, para que possam ter controle sobre a ordem de grandeza de resultados de cálculo ou medições e tratar com valores numéricos aproximados de acordo com a situação e o instrumental disponível.

Numa outra direção, as habilidades de visualização, desenho, argumentação lógica e de aplicação na busca de soluções para problemas podem ser desenvolvidas com um trabalho adequado de Geometria, para que o aluno possa usar as formas e propriedades geométricas na representação e visualização de partes do mundo que o cerca.

Essas competências são importantes na compreensão e ampliação da percepção de espaço e construção de modelos para interpretar questões da Matemática e de outras áreas do conhecimento. De fato, perceber as relações entre as representações planas nos desenhos, mapas e na tela do computador com os objetos que lhes deram origem, conceber novas formas planas ou espaciais e suas propriedades a partir dessas representações são essenciais para a leitura do mundo através dos olhos das outras ciências, em especial a Física.

As habilidades de descrever e analisar um grande número de dados, realizar inferências e fazer previsões com base numa amostra de população, aplicar as idéias de probabilidade e combinatória a fenômenos naturais e do cotidiano são aplicações da Matemática em questões do mundo real que tiveram um crescimento muito grande e se tornaram bastante complexas. Técnicas e raciocínios

estatísticos e probabilísticos são, sem dúvida, instrumentos tanto das Ciências da Natureza quanto das Ciências Humanas. Isto mostra como será importante uma cuidadosa abordagem dos conteúdos de contagem, estatística e probabilidade no Ensino Médio, ampliando a interface entre o aprendizado da Matemática e das demais ciências e áreas.

Os conceitos matemáticos que dizem respeito a conjuntos finitos de dados ganham também papel de destaque para as Ciências Humanas e para o cidadão comum, que se vê imerso numa enorme quantidade de informações de natureza estatística ou probabilística. No tratamento desses temas, a mídia, as calculadoras e os computadores adquirem importância natural como recursos que permitem a abordagem de problemas com dados reais e requerem habilidades de seleção e análise de informações.

Não são suficientes metas e princípios que norteiem a seleção de temas e conceitos, mas são também essenciais escolhas de natureza metodológica e didática, para compor o par indissociável conteúdo e forma. Algumas diretrizes para se alcançar esse equilíbrio estão sintetizadas no terceiro item desse documento de área, entre elas algumas de particular importância para o aprendizado matemático.

Integrando o currículo, com o mesmo peso que os conceitos e os procedimentos, o desenvolvimento de valores e atitudes são fundamentais para que o aluno aprenda a aprender. Omitir ou descuidar do trabalho com esse aspecto da formação pode impedir a aprendizagem inclusive da própria Matemática. Dentre esses valores e atitudes, podemos destacar que ter iniciativa na busca de informações, demonstrar responsabilidade, ter confiança em suas formas de pensar, fundamentar suas idéias e argumentações são essenciais para que o aluno possa aprender, se comunicar, perceber o valor da Matemática como bem cultural de leitura e interpretação da realidade e possa estar melhor preparado para sua inserção no mundo do conhecimento e do trabalho.

# **Competências e habilidades a serem desenvolvidas em Matemática**

## **Representação e comunicação**

- Ler e interpretar textos de Matemática.
- Ler, interpretar e utilizar representações matemáticas (tabelas, gráficos, expressões etc).
- Transcrever mensagens matemáticas da linguagem corrente para linguagem simbólica (equações, gráficos, diagramas, fórmulas, tabelas etc.) e vice-versa.
- Expressar-se com correção e clareza, tanto na língua materna, como na linguagem matemática, usando a terminologia correta.
- Produzir textos matemáticos adequados.
- Utilizar adequadamente os recursos tecnológicos como instrumentos de produção e de comunicação.
- Utilizar corretamente instrumentos de medição e de desenho.

## **Investigação e compreensão**

- Identificar o problema (compreender enunciados, formular questões etc).
- Procurar, selecionar e interpretar informações relativas ao problema.
- Formular hipóteses e prever resultados.
- Selecionar estratégias de resolução de problemas.
- Interpretar e criticar resultados numa situação concreta.
- Distinguir e utilizar raciocínios dedutivos e indutivos.
- Fazer e validar conjecturas, experimentando, recorrendo a modelos, esboços, fatos conhecidos, relações e propriedades.
- Discutir idéias e produzir argumentos convincentes.

## **Contextualização sócio-cultural**

- Desenvolver a capacidade de utilizar a Matemática na interpretação e intervenção no real.
- Aplicar conhecimentos e métodos matemáticos em situações reais, em especial em outras áreas do conhecimento.
- Relacionar etapas da história da Matemática com a evolução da humanidade.
- Utilizar adequadamente calculadoras e computador, reconhecendo suas limitações e potencialidades.

## Rumos e desafios

A educação em geral e o ensino das Ciências da Natureza, Matemática e das Tecnologias não se estabelecem como imediata realização de definições legais ou como simples expressão de convicções teóricas. Mais do que isso, refletem também as condições políticas, sociais e econômicas de cada período e região, assim como são diretamente relevantes para o desenvolvimento cultural e produtivo. As idéias dominantes ou hegemônicas em cada época sobre a educação e a ciência, seja entre os teóricos da educação, seja entre as instâncias de decisão política, raramente coincidem com a educação efetivamente praticada no sistema escolar, que reflete uma situação real nem sempre considerada, onde as condições escolares são muito distintas das idealizadas.

Por isso, na elaboração de propostas educacionais, além de se considerarem as variáveis regionais, de sentido cultural e sócio-econômico, tão significativas em um país de dimensões e de contrastes sociais como o Brasil, é preciso ter clareza de que as propostas, oficiais ou não, na melhor das hipóteses são o início de um processo de transformação, de reacomodação e de readequação. Os rumos desse processo dependem não só do mérito da proposta, que condicionará as reações a ela, mas também da história pregressa e dos meios empregados. Isto foi verdade para iniciativas anteriores e, com certeza, será verdade para a atual.

Quando foi promulgada a LDB 4024/61, o cenário escolar era dominado pelo ensino tradicional, ainda que esforços de renovação estivessem em processo. As propostas para o ensino de ciências debatidas para a confecção daquela lei orientavam-se pela necessidade de o currículo responder ao avanço do conhecimento científico e às novas concepções educacionais, deslocando o eixo da questão pedagógica, dos aspectos puramente lógicos para aspectos psicológicos, valorizando a participação ativa do aluno no processo de aprendizagem.

No período subsequente, o Brasil buscou novos rumos para o ensino de Biologia, Física, Matemática e Química, no seguimento de linha de ação dos países centrais do chamado “bloco ocidental”, que patrocinaram a produção de projetos como o BSCS – *Biological Sciences Curriculum Study* – para Biologia, PSSC – *Physical Sciences Study Committee* – para Física, *Chem Study* e o *Chemical Bond Approach* para a Química. Também nesse período surge a Matemática moderna, que aproxima o ensino básico escolar de uma particular reformulação acadêmica do conhecimento matemático, com ênfase na teoria de conjuntos e estruturas algébricas. A formação e expansão de centros de Ciências e de Matemática, em vários Estados, teve a finalidade de preparar professores para o desenvolvimento de ensino proposto nos projetos traduzidos e em produções próprias que tiveram grande influência na década seguinte.

Nesta década de 70, já se propunha uma democratização do conhecimento científico, reconhecendo-se a importância da vivência científica não apenas para eventuais futuros cientistas, mas também para o cidadão comum, paralelamente a um crescimento da parcela da população atendida pela rede escolar. Esse crescimento, especialmente no tocante ao Ensino Médio, não foi

acompanhado pela necessária formação docente, resultando assim em acentuada carência de professores qualificados, carência que só tem se agravado até a atualidade. Sem pretender subestimar a importância das discussões ocorridas naquele período para a mudança de mentalidade do professor, que começa a assimilar, mesmo que num plano teórico, novos objetivos para o ensino, é preciso saber que a aplicação efetiva dos projetos em sala de aula acabou se dando apenas em alguns estabelecimentos de ensino de grandes centros.

Ainda nessa época, o modelo de industrialização acelerada impôs, em todo o mundo, custos sociais e ambientais altos, de forma que, particularmente no Ensino Fundamental, os problemas relativos ao meio ambiente e à saúde humana começaram a estar presentes em currículos de ciências. Discutiam-se implicações políticas e sociais da produção e aplicação dos conhecimentos científicos e tecnológicos, com algum reflexo nas salas de aula. Foi nesse momento que se inaugurou a idéia de que tecnologia é integrante efetiva dos conteúdos educacionais, lado a lado com as ciências. Não se deve confundir essa idéia, contudo, com a real ou pretensa introdução, em todo o Ensino Médio, de disciplinas técnicas separadas das disciplinas científicas, como preconizado pela já mencionada Lei 5692/71, cuja perspectiva era a de formar profissionais de nível médio, e que teve resultados frustrantes.

No âmbito da pedagogia geral, naquele período, aprofundaram-se discussões sobre as relações entre educação e sociedade, determinantes para o surgimento de tendências cujo traço comum era atribuir particular importância a conteúdos socialmente relevantes e aos processos de discussão em grupo. Na mesma época, e pouco depois, estabeleceu-se um núcleo conceitual teórico de diferentes correntes denominadas *construtivistas*, cujo pressuposto básico é tomar a aprendizagem como resultado da construção do conhecimento pelo aluno, processo em que se respeitam as idéias dos alunos prévias ao processo de aprendizagem.

Esta proposta de condução do aprendizado tem sido aperfeiçoada no sentido de se levar em conta que a construção de conhecimento científico envolve valores humanos, relaciona-se com a tecnologia e, mais em geral, com toda a vida em sociedade, de se enfatizar a organicidade conceitual das teorias científicas, de se explicitar a função essencial do diálogo e da interação social na produção coletiva. Tais redirecionamentos têm sido relevantes para a educação científica e matemática e, certamente, suas idéias influenciam o presente esforço de revisão de conteúdos e métodos para a educação científica. Será preciso, além disso, procurar suprir a carência de propostas interdisciplinares para o aprendizado, que tem contribuído para uma educação científica excessivamente compartimentada, especialmente no Ensino Médio, fazendo uso, por exemplo, de instrumentos com natural interdisciplinaridade, como os modelos moleculares, os conceitos evolutivos e as leis de conservação.

Felizmente, pelo menos no plano das leis e das diretrizes, a definição para o Ensino Médio estabelecida na LDB/96, assim como seu detalhamento e encaminhamento pela Resolução CNE/98, apontam para uma revisão e uma atualização na direção correta. Vários dos artigos daquela Resolução são dedicados a orientar o aprendizado para uma maior contextualização, uma efetiva interdisciplinaridade e uma formação humana mais ampla, não só técnica, já recomendando uma maior relação entre teoria e prática no próprio processo de aprendizado.



Entre os maiores desafios para a atualização pretendida no aprendizado de Ciência e Tecnologia, no Ensino Médio, está a formação adequada de professores, a elaboração de materiais instrucionais apropriados e até mesmo a modificação do posicionamento e da estrutura da própria escola, relativamente ao aprendizado individual e coletivo e a sua avaliação.

Esta afirmação pode ser feita acerca de todo aprendizado escolar de Ciências, desde a alfabetização científico-tecnológica das primeiras séries do Ensino Fundamental. O significado dessas deficiências se agrava, contudo, na escola média, etapa final da Educação Básica, nessa época caracterizada pelo ritmo vertiginoso de mudanças econômicas e culturais, aceleradas por uma revolução científico-tecnológica mal acompanhada pelo desenvolvimento na educação.

Não se deve pretender, aliás, depositar a esperança desse acompanhamento simplesmente numa exigência maior sobre a cultura científica do professor que, afinal, não deve ser pensado como detentor de todo o saber da ciência contemporânea. Vale insistir que a atualização curricular não deve significar complementação de ementas, ao se acrescentarem tópicos a uma lista de assuntos. Ao contrário, é preciso superar a visão enciclopédica do currículo, que é um obstáculo à verdadeira atualização do ensino, porque estabelece uma ordem tão artificial quanto arbitrária, em que pré-requisitos fechados proíbem o aprendizado de aspectos modernos antes de se completar o aprendizado clássico e em que os aspectos “aplicados” ou tecnológicos só teriam lugar após a ciência “pura” ter sido extensivamente dominada. Tal visão dificulta tanto a organização dos conteúdos escolares quanto a formação dos professores.

É claro que se demanda um preparo adequado dos professores de Biologia, Física, Química e Matemática, para que a modernidade de seu conhecimento não tenha como contrapartida a superficialidade ou o empobrecimento cognitivo. Além disso, um desenvolvimento mais eficaz, científico e pedagógico exige também mudanças na própria escola, de forma a promover novas atitudes nos alunos e na comunidade. É preciso mudar convicções equivocadas, culturalmente difundidas em toda a sociedade, de que os alunos são os pacientes, de que os agentes são os professores e de que a escola estabelece simplesmente o cenário do processo de ensino. Quando o aprendizado das Ciências e da Matemática, além de promover competências como o domínio de conceitos e a capacidade de utilizar fórmulas, pretende desenvolver atitudes e valores, através de atividades dos educandos, como discussões, leituras, observações, experimentações e projetos, toda a escola deve ter uma nova postura metodológica difícil de implementar, pois exige a alteração de hábitos de ensino há muito consolidados.

Especialmente nas ciências, aprendizado ativo é, às vezes, equivocadamente confundido com algum tipo de experimentalismo puro e simples, que não é praticável nem sequer recomendável, pois a atividade deve envolver muitas outras dimensões, além da observação e das medidas, como o diálogo ou a participação em discussões coletivas e a leitura autônoma. Não basta, no entanto, que tais atividades sejam recomendadas. É preciso que elas se revelem necessárias e sejam propiciadas e viabilizadas como partes integrantes do projeto pedagógico. Isso depende da escola, não só do professor. Para a Matemática, em particular, dado seu caráter de linguagem e de instrumental universal, os desvios no aprendizado influenciam muito duramente o aprendizado das demais ciências.

Pode-se perceber, por exemplo, quão significativa teria de ser a reformulação de postura pedagógica na maioria de nossas escolas para que assumissem, como parte regular da promoção da educação científico-tecnológica, a concepção e a condução de projetos de trabalho coletivo, interdisciplinares. Entre outras coisas, a comunidade escolar deveria estar envolvida na concepção do projeto pedagógico e, em muitas situações, um apoio científico e educacional das universidades ou de outros centros formadores pode ser necessário. Por um lado, a complexidade dos temas pode tornar indispensável tal apoio; por outro, os programas de formação inicial e continuada de professores da área de Ciências da Natureza, Matemática e Tecnologia, conduzidos por esses centros ou universidades, seriam mais eficazes se conduzidos em função das necessidades identificadas na prática docente.

Nessa área, que mais tradicionalmente seria a das Ciências e da Matemática, é tão difícil promover uma nova postura didática quanto introduzir novos e mais significativos conteúdos. A simples menção de “tecnologia” ao lado da “ciência” não promove a nova postura e os novos conteúdos. Usualmente, não se costuma passar do discurso geral e abstrato, ao se conceituar tecnologia, sem mesmo se explicitar de que forma ela demanda conhecimento e, portanto, educação científica, e por que processos ela fomenta desenvolvimento científico.

Com o advento do que se denomina sociedade pós-industrial, a disseminação das tecnologias da informação nos produtos e nos serviços, a crescente complexidade dos equipamentos individuais e coletivos e a necessidade de conhecimentos cada vez mais elaborados para a vida social e produtiva, as tecnologias precisam encontrar espaço próprio no aprendizado escolar regular, de forma semelhante ao que aconteceu com as ciências, muitas décadas antes, devendo ser vistas também como processo, e não simplesmente como produto. A tecnologia no aprendizado escolar deve constituir-se também em instrumento da cidadania, para a vida social e para o trabalho. No Ensino Médio, a familiarização com as modernas técnicas de edição, de uso democratizado pelos computadores pessoais, é só um exemplo das vivências reais que é preciso garantir, ultrapassando-se assim o “discurso sobre as tecnologias” de utilidade questionável. É preciso identificar na Matemática, nas Ciências Naturais, Ciências Humanas, Comunicações e nas Artes, os elementos de tecnologia que lhes são essenciais e desenvolvê-los como conteúdos vivos, como objetivos da educação e, ao mesmo tempo, como meios para tanto.

A incorporação de tais elementos às práticas escolares, alguns imediatamente, é mais realizável do que se pode imaginar. Até por já se constituírem em objetos de consumo relativamente triviais, câmeras de vídeo e computadores estão hoje se tornando mais baratos do que microscópios e outros equipamentos experimentais convencionais, com tendência a se tornarem cada vez mais acessíveis. Isso eliminará, em muito pouco tempo, os obstáculos à incorporação desses instrumentos do processo de aprendizado, seja como meio indireto, na utilização de textos e vídeos didáticos apropriados a cada momento e local, seja como meio direto e objeto de aprendizado, usado pelos alunos na produção de textos e vídeos, aprendizado prático, portanto.

O desenvolvimento de projetos, conduzidos por grupos de alunos com a supervisão de professores, pode dar oportunidade de utilização dessas e de outras tecnologias, especialmente no Ensino Médio. Isso, é claro, não ocorre espontaneamente, mas sim como uma das iniciativas

integrantes do projeto pedagógico de cada unidade escolar, projeto que pode mesmo ser estimulado pelas redes educacionais. Para a elaboração de tal projeto, pode-se conceber, com vantagem, uma nucleação prévia de disciplinas de uma área, como a Matemática e Ciências da Natureza, articulando-se em seguida com as demais áreas.

Modificações como essas, no aprendizado, vão demandar e induzir novos conceitos de avaliação. Isso tem aspectos específicos para a área de Ciência e Tecnologia, mas tem validade mais ampla, para todas as áreas e disciplinas. Há aspectos bastante particulares da avaliação que deverão ser tratados em cada disciplina, no contexto de suas didáticas específicas, mas há aspectos gerais que podem ser desde já enunciados. É imprópria a avaliação que só se realiza numa prova isolada, pois deve ser um processo contínuo que sirva à permanente orientação da prática docente. Como parte do processo de aprendizado, precisa incluir registros e comentários da produção coletiva e individual do conhecimento e, por isso mesmo, não deve ser um procedimento aplicado nos alunos, mas um processo que conte com a participação deles. É pobre a avaliação que se constitua em cobrança da repetição do que foi ensinado, pois deveria apresentar situações em que os alunos utilizem e vejam que realmente podem utilizar os conhecimentos, valores e habilidades que desenvolveram.

Esses e outros recursos e instrumentos educacionais têm validade praticamente universal, ainda que se apresentem com característica e ênfases específicas, no processo de ensino-aprendizagem das Ciências e da Matemática. Por isso, é justo que tratemos de, pelo menos, arrolar ou elencar seu conjunto, ilustrando como eles podem ser utilizados pelas várias disciplinas.

Há características comuns, entre as várias ciências, a Matemática e as tecnologias, pelo tipo de rigor que pressupõem, pelo tipo de correspondência entre suas formulações e os fatos observáveis ou pelo tipo de sentido prático que freqüentemente ostentam, que é também comum parte significativa das didáticas utilizadas em seu ensino, ainda que com distintas ênfases adotadas pelas diferentes disciplinas dessa área. Em parte, isso já pode ser percebido a partir do histórico da evolução do ensino dessas disciplinas, feito há pouco, mostrando que elas viveram as mesmas fases e tendências, mais ou menos na mesma época. Se é fato que isso, de certa forma, reflete movimentos gerais da educação, não é menos verdade que, freqüentemente, o ensino de Ciências tem estado na vanguarda desses movimentos, especialmente nos últimos cinquenta anos,

Sem pretender estabelecer qualquer hierarquia de prioridades, rapidamente descreveremos alguns aspectos, conceitos ou instrumentos didáticos partilhados no ensino de todas as ciências e no da Matemática, começando por considerações sobre o papel do professor, que, conhecendo os conteúdos de sua disciplina e estando convicto da importância e da possibilidade de seu aprendizado por todos os seus alunos, é quem seleciona conteúdos instrucionais compatíveis com os objetivos definidos no projeto pedagógico; problematiza tais conteúdos, promove e media o diálogo educativo; favorece o surgimento de condições para que os alunos assumam o centro da atividade educativa, tornando-se agentes do aprendizado; articula abstrato e concreto, assim como teoria e prática; cuida da contínua adequação da linguagem, com a crescente capacidade do aluno, evitando a fala e os símbolos incompreensíveis, assim como as repetições desnecessárias e desmotivantes.

O conhecimento prévio dos alunos, tema que tem mobilizado educadores, especialmente nas últimas duas décadas, é particularmente relevante para o aprendizado científico e matemático. Os alunos chegam à escola já trazendo conceitos próprios para as coisas que observam e modelos elaborados autonomamente para explicar sua realidade vivida, inclusive para os fatos de interesse científico. É importante levar em conta tais conhecimentos, no processo pedagógico, porque o efetivo diálogo pedagógico só se verifica quando há uma confrontação verdadeira de visões e opiniões; o aprendizado da ciência é um processo de transição da visão intuitiva, de senso comum ou de auto-elaboração, pela visão de caráter científico construída pelo aluno, como produto do embate de visões.

Se há uma unanimidade, pelo menos no plano dos conceitos entre educadores para as Ciências e a Matemática, é quanto à necessidade de se adotarem métodos de aprendizado ativo e interativo. Os alunos alcançam o aprendizado em um processo complexo, de elaboração pessoal, para o qual o professor e a escola contribuem permitindo ao aluno se comunicar, situar-se em seu grupo, debater sua compreensão, aprender a respeitar e a fazer-se respeitar; dando ao aluno oportunidade de construir modelos explicativos, linhas de argumentação e instrumentos de verificação de contradições; criando situações em que o aluno é instigado ou desafiado a participar e questionar; valorizando as atividades coletivas que propiciem a discussão e a elaboração conjunta de idéias e de práticas; desenvolvendo atividades lúdicas, nos quais o aluno deve se sentir desafiado pelo jogo do conhecimento e não somente pelos outros participantes.

Não somente em Matemática, mas até particularmente nessa disciplina, a resolução de problemas é uma importante estratégia de ensino. Os alunos, confrontados com situações-problema, novas mas compatíveis com os instrumentos que já possuem ou que possam adquirir no processo, aprendem a desenvolver estratégia de enfrentamento, planejando etapas, estabelecendo relações, verificando regularidades, fazendo uso dos próprios erros cometidos para buscar novas alternativas; adquirem espírito de pesquisa, aprendendo a consultar, a experimentar, a organizar dados, a sistematizar resultados, a validar soluções; desenvolvem sua capacidade de raciocínio, adquirem auto-confiança e sentido de responsabilidade; e, finalmente, ampliam sua autonomia e capacidade de comunicação e de argumentação.

O aprendizado que tem seu ponto de partida no universo vivencial comum entre os alunos e os professores, que investiga ativamente o meio natural ou social real, ou que faz uso do conhecimento prático de especialistas e outros profissionais, desenvolve com vantagem o aprendizado significativo, criando condições para um diálogo efetivo, de caráter interdisciplinar, em oposição ao discurso abstrato do saber, prerrogativa do professor. Além disso, aproxima a escola do mundo real, entrando em contato com a realidade natural, social, cultural e produtiva, em visitas de campo, entrevistas, visitas industriais, excursões ambientais. Tal sistema de aprendizado também atribui sentido imediato ao conhecimento, fundamentando sua subsequente ampliação de caráter abstrato.

Para o aprendizado científico, matemático e tecnológico, a experimentação, seja ela de demonstração, seja de observação e manipulação de situações e equipamentos do cotidiano do aluno e até mesmo a laboratorial, propriamente dita, é distinta daquela conduzida para a descoberta científica e é particularmente importante quando permite ao estudante diferentes e concomitantes

formas de percepção qualitativa e quantitativa, de manuseio, observação, confronto, dúvida e de construção conceitual. A experimentação permite ainda ao aluno a tomada de dados significativos, com as quais possa verificar ou propor hipóteses explicativas e, preferencialmente, fazer previsões sobre outras experiências não realizadas.

As ciências e as tecnologias, assim como seu aprendizado, podem fazer uso de uma grande variedade de linguagens e recursos, de meios e de formas de expressão, a exemplo dos mais tradicionais, os textos e as aulas expositivas em sala de aula. Os textos nem sempre são essenciais, mas podem ser utilizados com vantagem, uma vez verificada sua adequação, como introdução ao estudo de um dado conteúdo, síntese do conteúdo desenvolvido ou leitura complementar. Um texto apresenta concepções filosóficas, visões de mundo, e deve-se estimular o aluno a ler além das palavras, aprender, avaliar e mesmo se contrapor ao que lê. A leitura de um texto deve ser sempre um dos recursos e não o essencial da aula. Assim, cabe ao professor problematizar o texto e oferecer novas informações que caminhem para a compreensão do conceito pretendido.

Quanto às aulas expositivas, é comum que sejam o único meio utilizado, ao mesmo tempo em que deixam a idéia de que correspondem a uma técnica pedagógica sempre cansativa e desinteressante. Não precisa ser assim. A aula expositiva é só um dos muitos meios e deve ser o momento do diálogo, do exercício da criatividade e do trabalho coletivo de elaboração do conhecimento. Através dessa técnica podemos, por exemplo, fornecer informações preparatórias para um debate, jogo ou outra atividade em classe, análise e interpretação dos dados coletados no estudo do meio e laboratório.

Aulas e livros, contudo, em nenhuma hipótese resumem a enorme diversidade de recursos didáticos, meios e estratégias que podem ser utilizados no ensino das Ciências e da Matemática. O uso dessa diversidade é de fundamental importância para o aprendizado porque tabelas, gráficos, desenhos, fotos, vídeos, câmeras, computadores e outros equipamentos não são só meios. Dominar seu manuseio é também um dos objetivos do próprio ensino das Ciências, Matemática e suas Tecnologias. Determinados aspectos exigem imagens e, mais vantajosamente, imagens dinâmicas; outros necessitam de cálculos ou de tabelas de gráfico; outros podem demandar expressões analíticas, sendo sempre vantajosa a redundância de meios para garantir confiabilidade de registro e/ou reforço no aprendizado.

Outro aspecto metodológico a ser considerado, no ensino das ciências em geral, com possível destaque para a Química e a Física, diz respeito às abordagens quantitativas e às qualitativas. Deve-se iniciar o estudo sempre pelos aspectos qualitativos e só então introduzir tratamento quantitativo. Este deve ser feito de tal maneira que os alunos percebam as relações quantitativas sem a necessidade de utilização de algoritmos. Os alunos, a partir do entendimento do assunto, poderão construir seus próprios algoritmos

A própria avaliação deve ser também tratada como estratégia de ensino, de promoção do aprendizado das Ciências e da Matemática. A avaliação pode assumir um caráter eminentemente formativo, favorecedor do progresso pessoal e da autonomia do aluno, integrada ao processo ensino-aprendizagem, para permitir ao aluno consciência de seu próprio caminhar em relação ao conhecimento e permitir ao professor controlar e melhorar a sua prática pedagógica. Uma vez que

os conteúdos de aprendizagem abrangem os domínios dos conceitos, das capacidades e das atitudes, é objeto da avaliação o progresso do aluno em todos estes domínios. De comum acordo com o ensino desenvolvido, a avaliação deve dar informação sobre o conhecimento e compreensão de conceitos e procedimentos; a capacidade para aplicar conhecimentos na resolução de problemas do cotidiano; a capacidade para utilizar as linguagens das Ciências, da Matemática e suas Tecnologias para comunicar idéias; e as habilidades de pensamento como analisar, generalizar, inferir.

O aprendizado das Ciências, da Matemática e suas Tecnologias pode ser conduzido de forma a estimular a efetiva participação e responsabilidade social dos alunos, discutindo possíveis ações na realidade em que vivem, desde a difusão de conhecimento a ações de controle ambiental ou intervenções significativas no bairro ou localidade, de forma a que os alunos sintam-se de fato detentores de um saber significativo.

Os projetos coletivos são particularmente apropriados para esse propósito educacional, envolvendo turmas de alunos em projetos de produção e de difusão do conhecimento, em torno de temas amplos, como edificações e habitação ou veículos e transporte, ou ambiente, saneamento e poluição, ou ainda produção, distribuição e uso social da energia, temas geralmente interdisciplinares.

A compreensão da relação entre o aprendizado científico, matemático e das tecnologias e as questões de alcance social são a um só tempo meio para o ensino e objetivo da educação. Isso pode ser desenvolvido em atividades como os projetos acima sugeridos, ou se analisando historicamente o processo de desenvolvimento das Ciências e da Matemática. Nessa medida, a história das Ciências é um importante recurso. A importância da história das Ciências e da Matemática, contudo, tem uma relevância para o aprendizado que transcende a relação social, pois ilustra também o desenvolvimento e a evolução dos conceitos a serem aprendidos.

A confluência entre os meios utilizados para o aprendizado e os objetivos pretendidos para a educação deve ser observada com especial atenção, como algo a ser cultivado no projeto pedagógico de cada escola, em todos os aspectos do processo educacional. Quando, por exemplo, são propostas atividades coletivas, de cooperação entre estudantes e de elaboração de projetos conjuntos, quer se tornar o aprendizado das Ciências e da Matemática mais eficaz, mas, ao mesmo tempo, quer se promover o aprendizado do trabalho coletivo e cooperativo, como competência humana. Aliás, são absolutamente raros os trabalhos demandados na vida real que não exijam precisamente atividades conjuntas e cooperativas.

Quando, noutro exemplo, se propõem métodos de aprendizado ativo, em que os alunos se tornem protagonistas do processo educacional, não pacientes deste, quer se ter a certeza de que o conhecimento foi de fato apropriado pelos alunos, ou mesmo elaborado por eles. Mas o que também se pretende é educar para a iniciativa, pois a cidadania que se quer construir implica participação e não se realiza na passividade.

Cada um dos elementos pedagógicos da sequência acima, que sequer tem a pretensão de ser completa, pode ser visto como meio e fim, como processo e como produto da educação, devendo ser promovido, portanto, com o cuidado de se estar lidando com algo necessário, não como eventual expediente de que se lança mão, na falta de outro. Mesmo computadores, câmeras e outros recursos,

aos quais se fez tão breve menção, devem ser percebidos como algo mais do que instrumentos do aprendizado, pois, quando for possível aprender a usá-los como ferramenta de trabalho, de vida e de formação permanente, se estará complementando as metas da Educação Básica.

Concluindo essas considerações sobre fins e meios da educação, é justo se acrescentarem alguns ingredientes freqüentemente esquecidos, quando se fala do ensino das Ciências, da Matemática e suas Tecnologias, que são o apreço pela cultura e a alegria do aprendizado. Quando a escola promove uma condição de aprendizado em que há entusiasmo nos fazeres, paixão nos desafios, cooperação entre os partícipes, ética nos procedimentos, esta construindo a cidadania em sua prática, dando as condições para a formação dos valores humanos fundamentais, que são centrais entre os objetivos da educação.

## Bibliografia

**ASSOCIAÇÃO DE PROFESSORES DE MATEMÁTICA.** *Agenda para acção: recomendações para o ensino de matemática nos anos 80.* Lisboa: 1985.

\_\_\_\_\_. *Renovação do Currículo de Matemática.* Lisboa: 1988.

**BARBIER, J.M.** *A avaliação em formação*, trad. M. <sup>a</sup> Bastos. Biblioteca das Ciências do Homem. Afrontamento, 1985.

**BELTRAN, N. O & CISCATO, C. A.** *Química.* Coleção Magistério, 2º Grau. São Paulo: Cortez, 1991.

**BERNAL, J. D.** *Ciência na História.* Lisboa: Horizonte, 1978, 7 vol.

**BRASIL.** *Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional*, Lei nº 9394, 20 de dezembro de 1996.

**BRONOWSKY, J.** *Ciências e Valores Humanos.* Belo Horizonte: Itatiaia; São Paulo: EDUSP, 1979.

**CARVALHO, A.M.P & GIL-PÉREZ, D.** *Formação de Professores de Ciências: Tendências e Inovações*, Coleção Questões de Nossa Época, v 16. São Paulo: Cortez, 1995.

**CHASSOT, A.** *A Ciência através dos Tempos.* São Paulo: Moderna, 1997.

**COXFORD, A. & SHULTE, A.** (org.). *As Ideias de Álgebra*, trad. H. H. Domingues. São Paulo: Atual Editora, 1995.

**CRESPO, J.** *A História do Corpo.* Lisboa: Difusão, 1990.

**DARWIN, C.** *A Origem do Homem e a Seleção Sexual*, trad. A. Cancian e E. N. Fonseca. São Paulo: Hermus, 1974.

**DELIZOICOV, D. & ANGOTTI, J. A.** *Física*, Coleção Magistério - 2º Grau. São Paulo: Cortez, 1991.

**DIAS DE DEUS, J.; PIMENTA, M.; NORONHA, A.; BROGUEIRA, P.** *Introdução à Física.* Lisboa: McGraw-Hill, 1992.

**FERRY, L.** *A Nova Ordem Ecológica.* São Paulo: Ensaio, 1994.

**FREIRE, P.** *Pedagogia da Autonomia: Saberes necessários à Prática Educativa.* São Paulo: Paz e Terra, 1997.

**GOODFIELD, J.** *Brincando de Deus: - A Engenharia Genética e a Manipulação da Vida.* São Paulo: Itatiaia, 1987.

**GRUPO DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO QUÍMICA.** *Interações e Transformações: Química para o 2º Grau.* Livro do aluno e Guia do Professor. São Paulo: Universidade de São Paulo, 1993.

\_\_\_\_\_. *Interações e Transformações II: Reelaborando Conceitos sobre Transformações Químicas (Cinética e Equilíbrio).* Livro do aluno e Guia do professor. São Paulo: Universidade de São Paulo, 1998.

**GRUPO DE REELABORAÇÃO DO ENSINO DE FÍSICA.** *Física 1.* São Paulo: Universidade de S. Paulo, 1991.

\_\_\_\_\_. *Física 2.* São Paulo: Universidade de S. Paulo, 1992.

\_\_\_\_\_. *Física 3.* São Paulo: Universidade de S. Paulo, 1993.

**GUYTON, A. O.** *Fisiologia Humana.* Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1988.

**JAY GOULD, S.** *Vida Maravilhosa.* São Paulo: Círculo do Livro, Schwarcz, 1989.

**KNELLER, G.F.** *A Ciência como Atividade Humana*, trad. A. J. Souza, Rio de Janeiro: Zahar; São Paulo: EDUSP, 1980.

**KUHN, T. S.** *A Estrutura da Revoluções Científicas.* São Paulo: Perspectiva, 1978.

**KRULIK, S. & REYS, R. E.** *A resolução de Problemas na Matemática Escolar*, trad. H. H. Domingues e O. Corbo. São Paulo: Atual, 1997.



**LINDQUIST, M. M & SHULTE, A. P.** (org.). *Aprendendo e Ensinando Geometria*, trad. H. H. Domingues. São Paulo: Atual, 1994.

**MACHADO, N.J.** *Epistemologia e Didática*. São Paulo: Cortez, 1995.

**MALDANER, O. A.** *Química I: Construção de Conceitos Fundamentais*. Ijuí: Unijuí, 1992.

**BRASIL. MEC. CNE. CEB.** *Parecer nº 15*. Brasília, 1998.

**BRASIL. MEC. SEF.** *Parâmetros Curriculares para o Ensino Fundamental*. Brasília, 1998.

**BRASIL. MEC. INEP.** *Exame Nacional do Ensino Médio: Documento Básico*. Brasília, 1998.

**MONOD, J.** *O Acaso e a Necessidade*. Petrópolis: Vozes, 1971.

**SACRISTÁN, J. G. & GOMÉZ, A. I. P.** *Compreender e Transformar o Ensino*, trad. F. F. F. Rosa. Porto Alegre: ArtMed, 1998.

**SCHENBERG, M.** *Pensando a Física*. São Paulo: Brasiliense, 1984.

**SHREEVE, R. N. & BRINK Jr., J. A.** *Indústrias de Processos Químicos*. Rio de Janeiro: Guanabara.

**SECRETARIA DE ESTADO DA EDUCAÇÃO/COORDENADORIA DE ESTUDOS E NORMAS PEDAGÓGICAS.** *Proposta Curricular para o Ensino de Matemática para o 2º grau*. São Paulo, 1992.

**SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA.** *Revista Brasileira de Ensino de Física*, periodicidade trimestral, São Paulo, <http://www.sbf.if.usp.br>

**SOCIEDADE BRASILEIRA DE MATEMÁTICA.** *Revista do Professor de Matemática*. São Paulo, e-mail: [rpm@ime.usp.br](mailto:rpm@ime.usp.br)

**SOCIEDADE BRASILEIRA DE QUÍMICA.** *Química Nova na Escola*. São Paulo, <http://www.s bq.org.br/ensino>

**SOCIEDADE BRASILEIRA PARA O PROGRESSO DA CIÊNCIA.** *Ciência Hoje.*, Rio de Janeiro, <http://www.ciencia.org.br>

**SONCINJ, M. I. & CASTILHO Jr, M.** *Biologia*, Coleção Magistério, Série Formação Geral. São Paulo: Cortez, 1991.

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA.** *Caderno Catarinense de Ensino de Física*. e-mail: [fscce@fsc.ufsc.br](mailto:fscce@fsc.ufsc.br)

**VANIN, J. A.** *Alquimistas e Químicos: o Passado, o Presente e o Futuro*. Coleção Polêmica. São Paulo: Moderna, 1994.

**VIDAL, B.** *História da Química*. Lisboa: Antídoto, 1971.

**WILSON, E. O.** *Biodiversidade*. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1997.

# Notas de rodapé

## Apresentação

1 Além da própria LDB de 1996, foram considerados os Parâmetros Curriculares para o Ensino Fundamental, referentes às Ciências Naturais e Matemática, elaborados pela SEF/MEC, as Matrizs Curriculares de Referência para o SAEB, elaboradas pelo INEP/MEC, assim como documento de considerações sobre a Área, elaborado por Nilson José Machado, a convite da SEMTEC/MEC.

2 Por exemplo, ter tomado conhecimento dos termos em que se está propondo o Exame Nacional do Ensino Médio, no âmbito do INEP/MEC.

3 A autora do parecer, conselheira da Câmara de Ensino Básico do CNE, Guiomar Namó de Mello, permitiu acesso ao seu texto em diversas etapas de sua elaboração e se dispôs a discutir com a coordenação desta Área os principais pontos de interesse comum, o que permitiu o aperfeiçoamento da convergência, nesse novo momento.