

## A Formação do Cidadão e o Ensino de CTS - Ciência, Tecnologia e Sociedade

No presente capítulo são apresentadas e discutidas as principais proposições encontradas na literatura internacional sobre a caracterização e implementação do ensino de CTS, Ciência, Tecnologia e Sociedade.

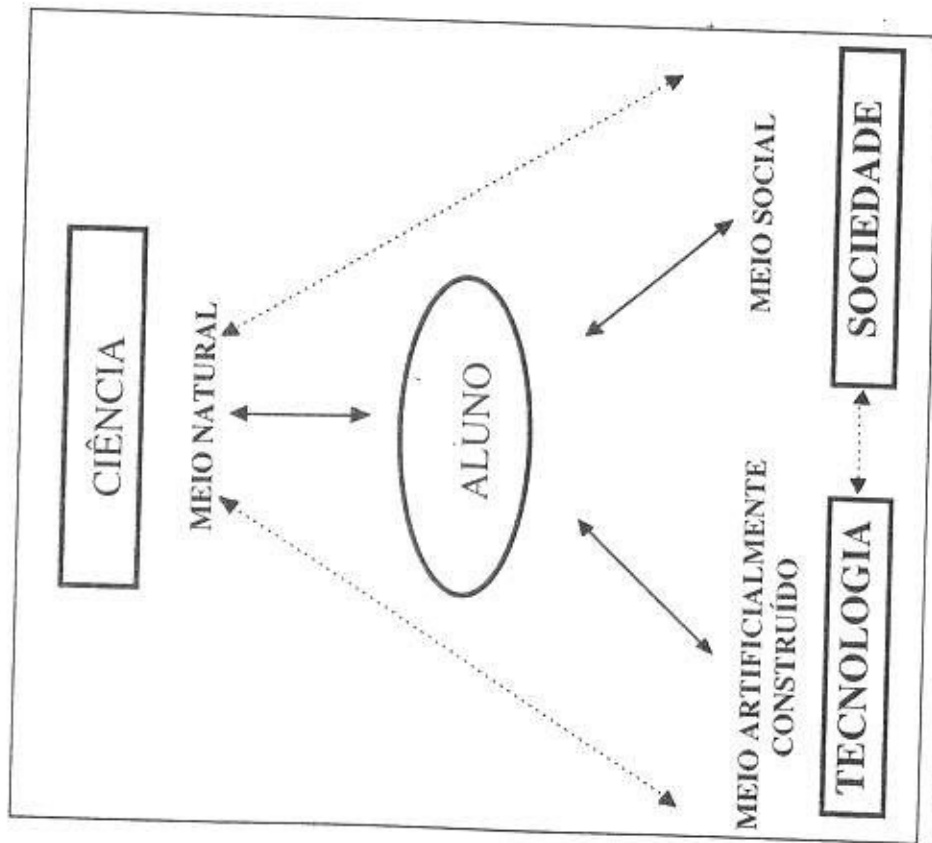
### Significado do Ensino de CTS

O ensino de CTS está vinculado à educação científica do cidadão. Para caracterizá-lo, Hofstein *et al.* (1988) propõem a representação da figura 1, a qual é por eles assim explicada:

"CTS, significa o ensino do conteúdo de ciência no contexto autêntico do seu meio tecnológico e social. Os estudantes tendem a integrar a sua compreensão pessoal do mundo natural (conteúdo da ciência) com o mundo construído pelo homem (tecnologia) e o seu mundo social do dia-a-dia (sociedade). Essas inter-relações de ciência - tecnologia - sociedade são sugeridas pelas setas da figura 1. As setas contínuas representam o aluno

fazendo uso lógico do conteúdo da ciência. As setas pontilhadas representam as conexões feitas pelos materiais de ensino de CTS que fornecem o conteúdo de ciência neste contexto integrativo." (Hofstein et al., 1988, p. 358) [tradução nossa e grifo do autor].

**FIGURA 1 - O relacionamento entre Ciência, Tecnologia e Sociedade e o aluno<sup>1</sup>**



<sup>1</sup> Extraído de Hofstein et al., 1988, p. 358 [tradução nossa].

Por sua vez, Roby (1981) considera que os cursos de CTS visam trazer para os estudantes conhecimentos que os levem a participar da sociedade moderna, no sentido da busca de alternativas de aplicações de ciência e tecnologia, dentro da visão de bem-estar social. Diante do impacto atual da tecnologia, torna-se necessária a integração harmônica do desenvolvimento técnico-científico com o meio ambiente e com as necessidades vitais da humanidade.

Solomon (1988) aborda, separadamente, os três componentes de CTS, esclarecendo o significado que cada um tem nessa proposta de ensino. Assim, quanto à ciência, afirma que os cursos de CTS devem ensinar o caráter provisório e incerto das teorias científicas. Com tal compreensão, os alunos poderão avaliar as aplicações da ciência, levando em conta as opiniões controversas dos especialistas. Ao contrário, com uma visão de ciência verdadeira e acabada, os alunos terão dificuldade de aceitar a possibilidade de duas ou mais alternativas para o problema em questão.

Quanto à tecnologia, Solomon (1988) afirma que ela deve ser apresentada como aplicação das diferentes formas de conhecimento para atender às necessidades sociais. Dessa forma, o aluno compreenderá as pressões das inovações tecnológicas na sociedade, caracterizando a tecnologia como um processo de produção social e reconhecendo a dependência da sociedade para com os produtos tecnológicos gerados.

Finalmente, sobre sociedade, a citada autora considera que se deve levar os alunos a perceberem o poder de influência que eles têm como cidadãos. Assim, eles seriam estimulados a participar democraticamente da sociedade por meio da expressão de suas opiniões. Deve-se ainda levá-los a compreender como a sociedade pode atuar no poder legislativo. A autora considera também fundamental a reflexão sobre os problemas éticos relacionados com a sociedade (Solomon, 1988).

Holman (1988), no editorial do *International Journal of Science Education*, que teve como tema central "Ensino de

Ciência-Tecnologia-Sociedade”, destaca que esse ensino não atende exclusivamente aos interesses de uma educação científica, mas, sobretudo, nesse ensino “deve existir uma ênfase na cidadania, ao preparar estudantes para o seu papel em uma sociedade democrática.” (Holman, 1988, p. 343) [tradução e grifo nossos]. Tal consideração vincula o ensino de CTS aos direitos do cidadão e à sua participação na sociedade democrática, vinculação essa que é também apontada pela maioria dos autores de artigos de CTS revisados.

Pode-se depreender também o significado do ensino de CTS por meio da sua comparação com o ensino tradicional de ciências. Neste sentido, os quadros 1 a 4 são úteis para explicitar o significado do ensino em questão.

**QUADRO 1 - Aspectos enfatizados no ensino clássico de ciência e no ensino de CTS<sup>2</sup>**

Ensino clássico de ciência	Ensino de CTS
1. Organização conceitual da matéria a ser estudada (conceitos de física, química, biologia)	1. Organização da matéria em temas tecnológicos e sociais.
2. Investigação, observação, experimentação, coleta de dados e descoberta como método científico.	2. Potencialidades e limitações da tecnologia no que diz respeito ao bem comum.
3. Ciência, um conjunto de princípios, um modo de explicar o universo, com uma série de conceitos e esquemas conceituais interligados.	3. Exploração, uso e decisões são submetidas a julgamento de valor.
4. Busca da verdade científica sem perder a praticabilidade e a aplicabilidade.	4. Prevenção de consequências a longo prazo.
5. Ciência como um processo, uma atividade universal, um corpo de conhecimento.	5. Desenvolvimento tecnológico, embora impossível sem a ciência, depende mais das decisões humanas deliberadas.
6. Ênfase à teoria para articulá-la com a prática.	6. Ênfase à prática para chegar à teoria.
7. Lida com fenômenos isolados, usualmente do ponto de vista disciplinar, análise dos fatos, exata e imparcial.	7. Lida com problemas verdadeiros no seu contexto real (abordagem interdisciplinar).
8. Busca, principalmente, novos conhecimentos para a compreensão do mundo natural, um espírito caracterizado pela ansia de conhecer e compreender.	8. Busca principalmente implicações sociais dos problemas tecnológicos; tecnologia para a ação social.

<sup>2</sup> Extraído de Zoller e Watson, 1974, p. 110 [tradução nossa].

**QUADRO 2 - Ensino de ciência-tradicional e o ensino de CTS<sup>3</sup>**

Uma abordagem tradicional da ciência em relação à unidade metais	Uma abordagem de CTS em relação à unidade metais
1. Classificação e propriedades dos metais e não-metais.	1. Diversidade e funções de materiais metálicos de uso diário (incluindo problemas de desperdício e de desuso).
2. Desenvolvimento dos conceitos de maleabilidade, dureza, densidade, ductibilidade etc.	2. Produção de materiais referentes às propriedades e aplicações dos metais.
3. Estudo das propriedades físicas e químicas e das aplicações de metais selecionados, e.g. chumbo, ferro, cobre.	3. Visão histórica da descoberta dos metais e ligas metálicas, bem como dos efeitos sobre a tecnologia e a sociedade.
4. Estrutura atômica e cristalina, propriedades e uso.	4. Pesquisa sobre metais, ligas e processos, os quais têm estimulado o desenvolvimento de novas tecnologias.
5. Principais conquistas que ocorreram nas pesquisas com metais, especialmente no campo de ligas metálicas, e novos meios que estão sendo pesquisados atualmente para extração de metal.	5. Interpretações atuais sobre metais e ligas metálicas e a busca de novos conhecimentos.

<sup>3</sup> Extraído de McKayavach e Maher, 1982, p. 71 [tradução nossa].

Verifica-se nos quadros 1 e 2 a diferença fundamental entre CTS e o ensino clássico, sendo caracterizado o ensino de CTS pela organização conceitual centrada em temas sociais, pelo desenvolvimento de atitudes de julgamento, por uma concepção de ciência voltada para o interesse social, visando compreender as implicações sociais do conhecimento científico. Por outro lado, o ensino clássico é caracterizado pela organização curricular centrada no conteúdo específico de ciências, com uma concepção de ciência universal, que possui valor por si mesma e não pelas suas aplicações sociais.

Ainda dentro dessa caracterização de CTS, os quadros 3 e 4 apresentam os seus principais aspectos, quais sejam, o estudo da natureza da ciência, da tecnologia e da sociedade e de suas inter-relações, de modo que o aluno compreenda a interdependência de tais componentes, sob uma perspectiva social.

Todas essas considerações evidenciam que os cursos de CTS se organizam segundo uma abordagem interdisciplinar de ensino de ciências, cuja organização difere significativamente dos cursos convencionais de ciências centrados exclusivamente na transmissão de conceitos científicos.

Tal diferença pode ser sintetizada pela caracterização apresentada por Barrentine (1986) a respeito do ensino através da ciência e do ensino para a ciência. O ensino através da ciência, no qual se enquadra o ensino de CTS, refere-se à preparação de cidadãos, a partir do conhecimento mais amplo da ciência e de suas implicações para com a vida do indivíduo. Já o ensino para a ciência refere-se à formação do especialista em ciência, por meio do domínio do conhecimento científico geral, necessário para a sua atuação profissional.

Pode-se destacar, ainda, que, apesar da caracterização apresentada por Mckavanagh e Maher (1982), nem todos as

**QUADRO 3 - Nove aspectos da abordagem de CTS<sup>4</sup>**

A: Jectos de CTS	Esclarecimentos
1. Natureza da Ciência	1. Ciência é uma busca de conhecimentos dentro de uma perspectiva social.
2. Natureza da Tecnologia	2. Tecnologia envolve o uso do conhecimento científico e de outros conhecimentos para resolver problemas práticos. A humanidade sempre teve tecnologia.
3. Natureza da Sociedade	3. A sociedade é uma instituição humana na qual ocorrem mudanças científicas e tecnológicas.
4. Efeito da Ciência sobre a Tecnologia	4. A produção de novos conhecimentos tem estimulado mudanças tecnológicas.
5. Efeito da Tecnologia sobre a Sociedade	5. A tecnologia disponível a um grupo humano influencia grandemente o estilo de vida do grupo.
6. Efeito da Sociedade sobre a Ciência	6. Através de investimentos e outras pressões, a sociedade influencia a direção da pesquisa científica.
7. Efeito da Ciência sobre a Sociedade	7. Os desenvolvimentos de teorias científicas podem influenciar o pensamento das pessoas e as soluções de problemas.
8. Efeito da Sociedade sobre a Tecnologia	8. Pressões dos órgãos públicos e de empresas privadas podem influenciar a direção da solução do problema e, em consequência, promover mudanças tecnológicas.
9. Efeito da Tecnologia sobre a Ciência	9. A disponibilidade dos recursos tecnológicos limitará ou ampliará os progressos científicos.

<sup>4</sup> Extraito de Mckavanagh e Maher, 1982, p. 72 [tradução nossa].

**QUADRO 4 - Os nove aspectos da abordagem de CTS e os exemplos correspondentes para a televisão<sup>5</sup>**

Aspectos de CTS	Exemplos sobre a televisão
1. Natureza da Ciência	1. Durante muitos anos a pesquisa tem fornecido muitas informações e apenas uma pequena proporção desta tem sido útil na tecnologia da televisão moderna.
2. Natureza da Tecnologia	2. A televisão resultou, em parte, de um projeto de desejo de resolver problemas técnicos de transmissão de imagens à longa distância.
3. Natureza da Sociedade	3. A televisão permite a projeção de diferentes culturas e valores.
4. Efeito da Ciência sobre a Tecnologia	4. A compreensão das propriedades físicas e químicas dos condutores não-metálicos proporciona a produção de circuitos de televisão transistorizados.
5. Efeito da Tecnologia sobre a Sociedade	5. A televisão tem afetado muito a sociedade, especialmente o modelo de interações humanas, por meio da apresentação de notícias, esportes e diversões.
6. Efeito da Sociedade sobre a Ciência	6. Indústrias governamentais e privadas têm investido extensivamente em pesquisas do estado sólido, as quais beneficiam a produção de televisores.
7. Efeito da Ciência sobre a Sociedade	7. O conhecimento das pessoas sobre o funcionamento do seu corpo tem aumentado por meio de programas de televisão.
8. Efeito da Sociedade sobre a Tecnologia	8. A demanda de consumo pela televisão tem estimulado a busca de aparelhos melhores, menores e mais baratos.
9. Efeito da Tecnologia sobre a Ciência	9. O uso de circuito fechado de televisão e controle de <i>play-back</i> facilita o avanço da compreensão do comportamento humano.

<sup>5</sup> Extraído de McKavanagh e Maher, 1982, p. 72 [tradução nossa].

propostas de ensino que vêm sendo denominadas CTS estão centradas nos nove aspectos descritos nos quadros 3 e 4. Isso tem levado ao estabelecimento de várias classificações dos cursos de CTS, conforme o foco central que é enfatizado (Aikenhead, 1990; Fensham, 1988; Gaskell, 1982; Lowe, 1985; Rosenthal, 1989).

Apesar das classificações, é preciso esclarecer que só são denominados cursos de CTS aqueles cujo conteúdo inter-relacione os diferentes componentes relativos à ciência, tecnologia e sociedade, ainda que se possa reconhecer que há cursos dessa natureza que se preocupam mais com a motivação do aluno do que com a formação do cidadão. Nesse sentido, afirma Holman (1988):

"Para alguns, a principal importância de CTS é como um meio de assegurar justiça social: para eles o aspecto chave é fornecer aos estudantes meios para considerar julgamentos concernentes a temas relativos à sociedade. Outros enfatizam a importância de CTS para tornar a ciência mais acessível para os estudantes de todas as habilidades e aptidões, uma abordagem adotada, por exemplo, pelos projetos Salters na Inglaterra. Ao relacionar a ciência aos seus aspectos sociais e tecnológicos, argumenta-se que a ciência ficaria mais significativa para aqueles que têm pouco interesse por esta matéria." (Holman, 1988, p. 343) [tradução nossa].

Considerando o objetivo de formação do cidadão, pode-se destacar que os cursos que mais se enquadraram em tal perspectiva são os que dão maior ênfase aos aspectos sociais da ciência e da tecnologia. Por isso, vale ressaltar, a seguir, as principais características, quanto aos objetivos, conteúdo, estratégias de ensino e avaliação dos cursos de CTS que apresentam um foco de abordagem nos aspectos sociais voltados para a cidadania.

## Objetivos do Ensino de CTS

Em termos gerais, o objetivo mais frequentemente apontado por inúmeros pesquisadores para os cursos com preocupação central na formação da cidadania refere-se ao desenvolvimento da capacidade de *tomada de decisão* (Solomon e Aikenhead, 1994). Essa relaciona-se à solução de problemas da vida real que envolvem aspectos sociais, tecnológicos, econômicos e políticos, o que significa preparar o indivíduo para participar ativamente na sociedade democrática.

Sobre tal objetivo, Zoller (1982) considera essencial que o currículo de ciências do ensino secundário seja planejado de forma a assegurar o desenvolvimento daquela capacidade de *tomada de decisão*. Destaca o citado autor que desenvolver essa capacidade significa preparar o indivíduo a participar ativamente na sociedade democrática, na busca de solução de problemas que envolvam aspectos sociais, tecnológicos, econômicos e políticos. Neste sentido, afirma que o ensino com o objetivo de desenvolver a *tomada de decisão* é significativo em termos de:

- "a) facilitar decisões sensíveis e razoáveis em um mundo conflitante;
- "b) fazer com que a sociedade atue de modo produtivo em todos os níveis - esperando-se um mínimo de atrito social;
- "c) melhorar a perspectiva da sobrevivência, tanto da pessoa, quanto da sociedade;
- "d) auxiliar as pessoas a compreenderem, estimarem e avaliarem as decisões dos outros." (Zoller, 1982, p. 12) [tradução nossa].

Ainda com relação ao objetivo em questão, Heikkinen (1987) explicita as diferenças que existem entre a solução de um problema escolar e a *tomada de decisão* frente a problemas da vida real, as quais são apresentadas no quadro 5.

**QUADRO 5 - Comparação entre a solução de problema escolar e a tomada de decisão frente a problemas da vida real<sup>6</sup>**

Solução de problema escolar	Tomada de decisão de problema da vida real
1. Definição completa do problema	1. Definição imperfeita do problema
2. Resultado esperado	2. Alternativas múltiplas.
3. Foco disciplinar	3. Multidisciplinar
4. Certo/errato.	4. Custos/benefícios.
5. Julgamento imediato.	5. Julgamento posterior.
6. Conhecimento dirigido	6. Conhecimento construído
7. Algoritmos.	7. Descoberta

As diferenças apresentadas no quadro 5 podem ser caracterizadas pela objetividade presente na solução de problema acadêmico e pela subjetividade presente na solução de problemas da vida real, isto é, para o primeiro tipo de solução, basta a informação; para o segundo, é necessário o julgamento de valor.

Além do objetivo relativo à capacidade de *tomada de decisão*, um segundo propósito dos cursos de CTS refere-se à compreensão da natureza da ciência e do seu papel na sociedade, o que implica a necessidade de o aluno adquirir conhecimentos básicos sobre filosofia e história da ciência, para compreender as potencialidades e limitações do conhecimento científico.

A justificativa para a recomendação do último objetivo decorre das conclusões de inúmeras pesquisas que demonstra-

<sup>6</sup> Extraído de Zoller e Watson, 1974, p. 110 [tradução nossa].

ram que tanto os alunos, como o público em geral, têm apreendido uma falsa concepção da natureza e das limitações da ciência, bem como do seu papel na sociedade (Aikenhead, 1987, 1988; Fleming, 1986b; Lederman e O'Maller, 1990; Millar e Wynne, 1988).

Esses dois objetivos básicos são encontrados nos artigos que especificam os propósitos gerais e específicos dos cursos de CTS que enfatizam a consolidação da cidadania, como se pode depreender da citação a seguir:

- "1. Preparar o indivíduo para agir de modo inteligente em uma sociedade do futuro.
- "2. Formar um cidadão capaz e disposto a ser um agente da mudança social. (...)
- "3. Ajudar o aluno a desenvolver a adaptabilidade e a flexibilidade.
- "4. Preparar os estudantes para a filiação e participação nos sistemas políticos e sócio-econômicos.
- "5. Desenvolver a capacidade do aluno para efetuar uma avaliação tecnológica. (...)
- "6. Formar uma pessoa que tome decisão, que avalie o papel das decisões humanas na determinação da sobrevivência e da vida da sociedade futura: (...)
- "7. Desenvolver habilidades de resolver problemas complexos da vida real. (...)
- "8. Aumentar o conhecimento dos estudantes em relação ao seu meio ambiente e desenvolver neles a capacidade de dependerem do seu próprio pensamento, quando aplicarem o que aprenderam em situações não-familiares.
- "9. Desenvolver a capacidade discriminatória para decidir que informação e conhecimento são relevantes para resolver criticamente algum problema específico no campo sócio-tecnológico.

"10. Capacitar os estudantes a compreenderem o poder e a fragilidade de alguma teoria com respeito a sua capacidade de explicar e predirer (...).

"11. Incentivar os estudantes a perguntarem, contestarem posições e pesquisarem criticamente fatos 'conhecidos', verdades 'bem estabelecidas' e valores 'aceitos universalmente'.

"12. Ajudar o estudante de áreas não-científicas a gostar do seu curso de ciência e tecnologia, como uma atividade de aprendizagem interessante e estimuladora, que seja relevante e esteja de pleno acordo com seus interesses, necessidades e aspirações." (Zoller e Watson, 1974, p. 112-113) [tradução nossa].

Por sua vez, o desenvolvimento da capacidade de tomada de decisão, bem como a aquisição de conhecimentos básicos de ciência, constituem, também, os objetivos fundamentais dos projetos de ensino de química elaborados segundo a abordagem de CTS. Thier e Hill (1988) apontam que o objetivo central do projeto americano, CEPUP, *Programa de Ensino de Química para Entendimento Público* é o de desenvolver nos alunos uma maior conscientização, conhecimento e interpretação acerca dos produtos químicos e como eles interagem nas nossas vidas, pois é essencial que

- "1. As pessoas aprendam a fazer questões pertinentes e a obter evidências para usá-las como fundamento para a tomada de decisão.
- "2. As pessoas compreendam os limites associados às evidências científicas.
- "3. As pessoas compreendam a natureza da investigação científica a fim de participarem da formulação de políticas efetivas relacionadas à química." (Thier e Hill, 1988, p. 429) [tradução nossa].

Quanto ao Projeto de Química da Escola de Ciência da Academia Australiana, Bayliss e Watts (1980) indicam os seguintes objetivos gerais:

- "1. Incentivar a aprendizagem da química, apresentada como um ramo do conhecimento digno de estudo, como parte de uma preparação para a vida.
- "2. Levar os estudantes a compreenderem o papel da ciência química na sociedade em que vivem e sua importância na localização da devida perspectiva do conflito atual entre tecnologia e o limite da preservação. Além disso, levar os estudantes a compreenderem aspectos econômicos que influenciam o desenvolvimento das indústrias e o uso de processos e materiais alternativos.
- "3. Capacitar os estudantes a compreenderem que a química não representa apenas materialismo, que ela é produto do trabalho e imaginação de muitos homens e que a história da descoberta e do pensamento da química está intimamente ligada à história social da humanidade.
- "4. Levar os estudantes a compreenderem a relação da química com outros ramos da ciência natural, tais como, a biologia, a geologia e a física e, também, o seu lugar como uma base científica para a tecnologia.
- "5. Incentivar o uso da abordagem experimental para a solução de problemas; desenvolver o reconhecimento da necessidade de possuir evidências antes de fazer julgamentos e desenvolver a capacidade de aceitar evidências contrárias às crenças estabelecidas.
- "6. Dar aos estudantes a idéia de que, além dos fatos e leis da química existentes, há áreas de dúvidas, onde os cientistas podem divergir quanto às questões de interpretação e, portanto, realçar que a química é uma ciência viva e ainda defensora de um desenvolvimento rápido e apresentar o desafio de problemas insolúveis àqueles que possivelmente ingressarão em curso de química no nível de terceiro grau." (Bayliss e Watts, 1980, p. 32-33) [tradução nossa].

O projeto americano CHEMCOM, Química na Comunidade, tem como objetivos:

"ajudar os alunos a perceberem o papel importante que a química desempenha em sua vida pessoal e profissional. Isso pode se conseguir, mostrando aos alunos como o conhecimento de certo número de princípios da química pode ajudá-los a (a) compreender muitos dos problemas relacionados com a tecnologia de que ouvem falar ou sobre os quais lêem nos meios de comunicação e (b) contribuir para soluções destes problemas à medida que vão se tornando cidadãos na nossa 'tecnocracia participativa'". (Ware et al., 1986, p. 18).

Depreende-se dos objetivos acima mencionados a preocupação central com a formação da cidadania, podendo-se apontar que o ensino para o cidadão, via CTS, centra-se no desenvolvimento da capacidade de tomada de decisão por meio de uma abordagem que inter-relacione ciência, tecnologia e sociedade, concebendo a primeira como um processo social, histórico e não-dogmático.

Com relação a tais objetivos, são apresentadas, a seguir, considerações relativas aos conteúdos propostos nos cursos de CTS, com maior destaque àqueles que, dirigidos ao ensino de química, propiciem o alcance dos objetivos acima mencionados.

## Conteúdos Propostos nos Cursos de CTS

Aikenhead (1990), discorrendo sobre vários trabalhos que descrevem o conteúdo dos cursos de CTS, resumiu o referido conteúdo nos seguintes itens:



- i) interação entre ciência, tecnologia e sociedade;
- ii) processos tecnológicos;
- iii) temas sociais relativos à ciência e tecnologia;
- iv) aspectos filosóficos e históricos da ciência;
- v) aspectos sociais de interesse da comunidade científica;
- vi) inter-relação entre os aspectos enumerados.

Percebe-se, assim, que o conteúdo básico dos cursos de CTS está centrado em aspectos correlacionados da ciência, tecnologia e sociedade, implicando a inclusão do tratamento de *temas sociais*. Todavia, é preciso destacar que a caracterização dos cursos de CTS não se dá apenas pela inclusão dos referidos temas, mas por uma abordagem que explicita o conteúdo acima descrito.

A inclusão dos temas sociais é recomendada por todos os artigos revisados, sendo justificada pelo fato de eles evidenciam as inter-relações dos aspectos da ciência, tecnologia e sociedade e propiciarem condições para o desenvolvimento de atitudes de *tomada de decisão* dos alunos.

Encontramos na literatura uma grande variedade de listas de temas, das quais se pode destacar as duas citadas a seguir. Segundo Towse (1986), na Conferência Internacional sobre "Ciência e Educação Tecnológica e as Futuras Necessidades Humanas", realizada em 1985, os temas sociais mais abordados em cursos de CTS foram agrupados nas seguintes oito áreas:

- 1) Saúde;
- 2) Alimentação e Agricultura;
- 3) Recursos Energéticos;
- 4) Terra, Água e Recursos Minerais;

- 5) Indústria e Tecnologia;
- 6) Ambiente;
- 7) Transferência de Informação e Tecnologia;
- 8) Ética e Responsabilidade Social.

Bybee (1987), por sua vez, extraiu uma relação de temas sociais de quatro pesquisas que desenvolveu sobre o ensino de CTS, por meio de consulta a alunos, professores, grupos internacionais de educadores em ciência, cientistas e engenheiros. A relação é composta pelos temas:

- 1) Qualidade do Ar e Atmosfera;
- 2) Fome Mundial e Fontes de Alimentos;
- 3) Guerra Tecnológica;
- 4) Crescimento Populacional;
- 5) Recursos Hídricos;
- 6) Falta de Energia;
- 7) Substâncias Perigosas;
- 8) Saúde Humana e Doença;
- 9) Uso da Terra;
- 10) Reatores Nucleares;
- 11) Animais e Plantas em extinção;
- 12) Recursos Minerais.

Com relação aos temas sociais abordados nos projetos de química com características de CTS, tem-se:

- a) CHEMCOM, *Química na Comunidade*: fornecimento das necessidades de água; conservação dos recursos químicos; petróleo: construir ou queimar?; compreensão dos alimen-

tos; química nuclear no nosso mundo; química, ar e clima; química e saúde; indústria química: promessa e recusa (Ware *et al.*, 1986);

b) CEPUP, *Programa de Ensino de Química para Entendimento Público*: pesquisa de materiais químicos; soluções e poluição; avaliação de risco de aspectos sociais; estabelecimento de limites para a aplicação tecnológica ao bem-estar humano; produtos químicos; interação comunitária com a indústria; produtos químicos no lar; tecnologias atuais e alternativas para tratamento de resíduos; ar e água no ambiente (Thier, 1987);

c) *Projeto de Química da Escola de Ciência da Academia Australiana*: terra; atmosfera; energia; água (Bucat e Cole, 1988).

Quanto ao conteúdo específico de química, encontraram-se várias listagens de tópicos químicos recomendados para cursos voltados para a formação da cidadania. Dessas listagens, destacam-se os que são detectados nos objetivos propostos para o último projeto, conteúdos esses que também estão presentes no projeto CHEMCOM:

"1. Tornar os estudantes conhecedores da *linguagem e dos fundamentos da ciência química*, para que, então, eles desenvolvam interesse e compreensão das *propriedades e estrutura da matéria e das mudanças que ocorrem nas reações químicas*.

"2. Dar uma bagagem de conhecimento conceitual e teórico da ciência química, a qual correlaciona as *reações, propriedades e estruturas* observadas ou estudadas.

"3. Incentivar o estudo de dados factuais, que continuarão a ser significantes durante a vida do estudante. Assim, estudar os

processos químicos que estão relacionados às fontes e seus desenvolvimentos (com referência, quando for o caso, para as indústrias locais) e estudar as *propriedades e usos de substâncias*, tanto naturais quanto manufaturadas, que formam o ambiente dos estudantes.

"4. Desenvolver a capacidade dos estudantes de realizar *cálculos químicos simples*, especificamente aqueles baseados na *composição dos materiais, estequiometria, volumes dos gases, concentrações de soluções, pI e intercâmbio de energia com o ambiente*; relacionar estes cálculos aos processos industriais, à produção e custos de energia.

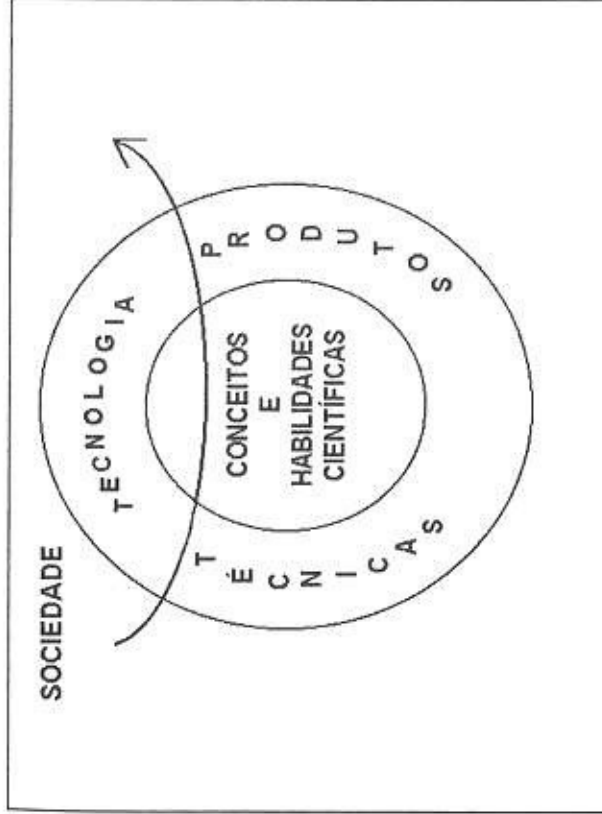
"5. Desenvolver, por meio de trabalho experimental, processos de habilidades específicas, tais como a capacidade de realizar *observações, mensurações, classificações, registros e comunicações, sínteses, tabulações, montagem de gráficos, conclusões, ponderações e predições científicas*.

"6. Treinar os estudantes para *manusear materiais químicos*, considerando-os como parte de seu ambiente, bem como identificar e tomar cuidado com aqueles que são perigosos." (Bayliss e Wats, 1980, p. 33) [tradução e grifo nossos].

## Abordagem dos Temas Sociais de CTS

Muito embora os projetos de CTS se diferenciem quanto aos temas sociais que abordam e, mesmo, na maior ou menor inclusão de conteúdos específicos de Ciências (Química), pode-se constatar que eles possuem uma estrutura característica que, segundo Aikenhead (1990), é resultante da adoção de etapas, representadas na figura 2.

FIGURA 2 - Sequência da estrutura dos materiais de CTS<sup>7</sup>



A seta da figura indica a seqüência adotada nos projetos, a qual pode ser sintetizada nos seguintes passos:

- 1) uma questão social é introduzida;
- 2) uma tecnologia relacionada ao tema social é analisada;
- 3) o conteúdo científico é definido em função do tema social e da tecnologia introduzida;
- 4) a tecnologia correlata é estudada em função do conteúdo apresentado;
- 5) a questão social original é novamente discutida.

Tal seqüência, por exemplo, é adotada no projeto holandes de ensino de física, conhecido como PLON, cujo início par-

<sup>7</sup> Excluído de Aikenhead, 1990, p. 12 [tradução nossa].

te da abordagem de fenômenos sociais e tecnológicos, introduzindo a seguir os conceitos físicos, cujo estudo é articulado aos fenômenos iniciais, a fim de serem melhor compreendidos. Dessa forma, a abordagem geral do projeto parte da sociedade para a física e dessa para a sociedade (Kortland, 1990).

Lowe (1985), por sua vez, apresenta três tipos de abordagem de temas de CTS. Uma abordagem é ensinar uma área da ciência com aspectos relevantes que sejam compreendidos como próprios de CTS (Lowe, 1985). Um exemplo dessa abordagem seria o estudo do conteúdo - efeito da teoria da evolução de Darwin sobre a religião - com o componente de CTS - impacto da ciência sobre a sociedade. Outro exemplo seria o estudo do sistema circulatório correlacionado com questões de saúde - doenças cardiovasculares - e com temas sociais amplos - efeitos do stress, transplante de coração.

Uma segunda abordagem é introduzir uma aplicação tecnológica a fim de introduzir a matéria que leve aos conceitos científicos, antes de, finalmente, discutir algumas questões mais amplas ou aplicações simultâneas do mesmo princípio (Lowe, 1985). Como exemplo dessa abordagem, temos o estudo de como se pode cozinhar os alimentos, na qual se poderia ter: (i) como tema, o fogo; (ii) como conteúdo subjacente de ciência, combustão, combustíveis, floresta, gás; (iii) como aplicações, consumo de produtos, avaliação dos combustíveis, manejo de ecossistema, recursos naturais (Lowe, 1985).

A terceira abordagem inicia com um problema central e, daí, se estudam os conceitos de ciência necessários para se atacar o problema. Um exemplo seria partir da questão das necessidades da sociedade industrial, das quais surge o tema alimentos, entre outros. Desse tema, vários tópicos podem ser estudados, como nutrição, crescimento das plantas etc. Considerando o tópico :.utrição, seriam estudados os princípios científicos correlacionados - gorduras, proteínas, carboidratos, necessidades do organismo, digestão - e as questões mais amplas, como

dieta balanceada, desnutrição, obesidade. Segundo Lowe (1985), essa abordagem envolve a mudança mais fundamental da utilização de CTS como princípio organizador do ensino." (p. 29).

A estrutura de alguns projetos curriculares de química é também ilustrativa para a abordagem dos temas sociais. O projeto CHEMCOM, por exemplo, é composto por unidades que tratam de problemas tecnológicos relacionados com química. A abordagem de tais unidades é feita, inicialmente, apresentando-se o problema da unidade e, depois, fornecendo-se informações necessárias para sua análise, sendo solicitado, ao final, que o aluno busque e formule soluções para o referido problema. As informações são apresentadas por meio do relacionamento entre notícias de comunicação social, experiências, teorias da química e atividades de tomada de decisão.

No citado projeto, os conceitos básicos da química são introduzidos, elaborados ou usados durante a discussão dos temas tecnológicos da unidade. Essa organização do projeto é de tal forma que a seqüência das unidades pode ser modificada, desde que a ordem adotada permita a compreensão dos temas, a partir dos conceitos já explorados nas unidades anteriores. Pode-se destacar, ainda, que, além dos conceitos químicos, são introduzidos também conceitos das ciências sociais.

Tal estrutura curricular (figura 2), que se assemelha à seqüência de etapas identificadas por Aikenhead (1990), é justificada por Ware et al. (1986):

"O CHEMCOM baseou-se no pressuposto de que o interesse dos alunos por certos problemas sociais que envolvem a química é anterior ao interesse pela própria química. A organização do currículo portanto, depende da definição da química que os alunos precisam conhecer para compreenderem assuntos sociais específicos. Por outras palavras, a química a ensinar é muito mais determinada pela seleção dos assuntos do que o contrário." (Ware et al., 1986, p. 18) [adaptação e grifo nossos].

A abordagem de temas químicos sociais está presente, também, no projeto *Química em Ação*, desenvolvido na Universidade de York, Inglaterra. Em cada uma das suas unidades, é apresentado um problema social relacionado com a química e, em seguida, o aluno recebe informações básicas necessárias para a compreensão de tal problema, sendo então desenvolvidas atividades de tomada de decisão, em que os alunos têm de se posicionar diante da problemática envolvida, com opiniões fundamentadas no conhecimento químico apresentado (Edwards, 1987).

O citado projeto CEPUP também é organizado da mesma forma. Segundo Thier e Hill (1988), o projeto é dividido em unidades compostas por temas sociais, os quais são introduzidos, com as possíveis soluções para a sua problemática social, juntamente com os conceitos químicos e os demais aspectos da ciência e da tecnologia. Segundo ainda os referidos autores, os conceitos trabalhados dão aos alunos uma compreensão geral da química e correspondem àqueles conceitos fundamentais encontrados nos principais programas da escola secundária americana.

Finalmente, o projeto SATTIS, *Ciência e Tecnologia na Sociedade*, evidencia uma das características dos projetos de CTS, qual seja, a flexibilidade dada ao professor no processo de seleção dos temas sociais a serem estudados.

O SATTIS é composto por cem unidades, que abordam grandes tópicos de ciências por meio da exploração de temas sociais e de aplicações tecnológicas importantes, sendo que vinte e cinco dessas unidades são constituídas por temas químicos (Hunt, 1988; Phillips e Hunt, 1992). Nas unidades são apresentadas sugestões de estratégias de ensino voltadas para a cidadania, planejadas para serem desenvolvidas em associação com um programa de ciências. Assim, o SATTIS não é um curso seqüenciado de ciências, mas uma fonte de materiais que po-

dem ser usados de maneira flexível e seletivamente pelo professor, que fará adaptações aos seus propósitos e a sua realidade local (Hunt, 1988).

A estrutura geral das unidades do SATIS é constituída por quatro componentes básicos (Phillips e Hunt, 1992). Inicialmente, há uma introdução com notas de orientação e, em seguida, é apresentado um guia de estudo, que contém sugestões de atividades para os alunos. Após essas duas partes, vêm as páginas informativas, as quais introduzem aos estudantes novas idéias relativas às aplicações em ciência e tecnologia. As informações são apresentadas por meio de artigos de jornal, tabelas de dados, diagramas e espectros. Com o auxílio das informações, os alunos têm de expor argumentos coerentes na forma de cartas, artigos, palestra ou pôster, referentes ao tema em questão. Ao final da unidade, são apresentados comentários que fornecem subsídios e questões para serem usadas na avaliação do tema.

Das considerações apresentadas, depreende-se que os cursos de CTS estão centrados em temas de relevância social, cuja abordagem procura explicitar as interfaces entre a ciência, tecnologia e sociedade e desenvolver no aluno habilidades básicas para sua participação na sociedade democrática. A sequência ideal parece ser a esquematizada por Aikenhead (1990), na qual se parte dos temas sociais para os conceitos científicos e desses se retorna aos temas.

Evidentemente, uma abordagem dessa natureza possui um forte componente interdisciplinar (Heikkinen, 1987; Hunt, 1988; McConnell, 1982; McFadden, 1991), pois, ao enfatizar aspectos sociais, necessariamente serão envolvidos conceitos e explicações das demais áreas das ciências naturais, bem como das ciências sociais (história, geografia, economia etc.), as quais fazem parte também dos cursos acima descritos.

Segundo tal abordagem, quais estratégias de ensino tem sido mais utilizados nos cursos de CTS? É o que veremos a seguir.

## Estratégias de Ensino de CTS

Ao sintetizarem as discussões do "4º Simpósio Internacional sobre Tendências Mundiais em Ciência e Educação Tecnológica", Hofstein *et al.* (1988) apontam que:

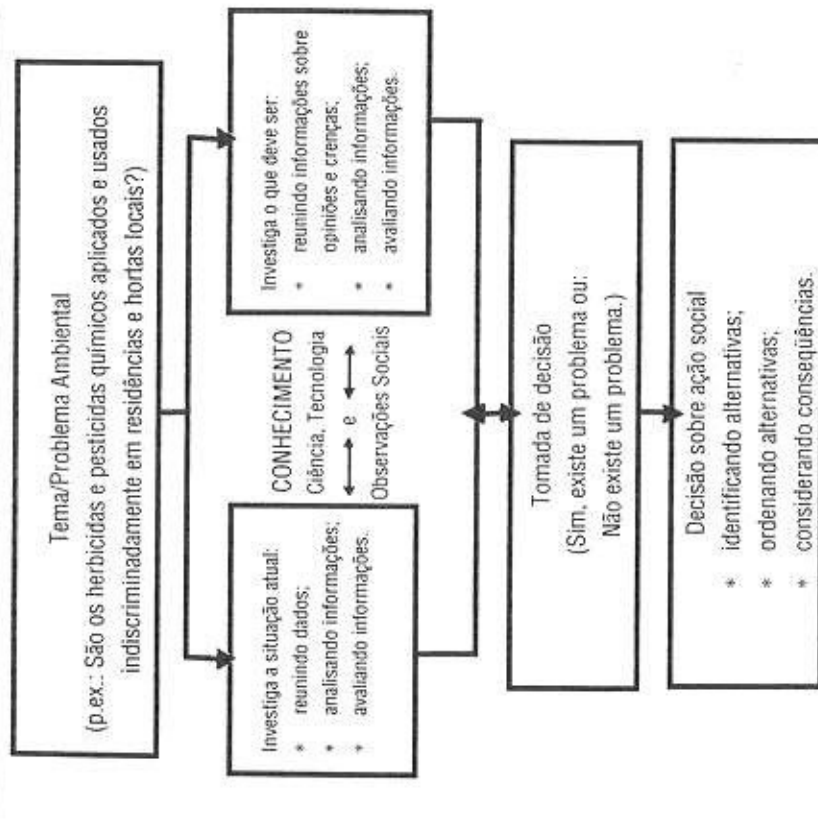
"Nos cursos de CTS, várias estratégias de ensino têm sido utilizadas. Elas vão além das práticas atuais de palestras, demonstrações, sessões de questionamento, solução de problemas e experimentos no laboratório. O ensino de CTS inclui jogos de simulação e desempenho de papéis, fóruns e debates, projetos individuais e de grupo, redação de cartas para autoridades, pesquisa no campo do trabalho, palestrantes convidados e ação comunitária. Geralmente, a mudança nas estratégias muda o papel do professor para o de administrador de classe (gerenciando o tempo, os recursos humanos e o ambiente emocional da classe), além do papel do responsável pela sala de aula." (Hofstein *et al.*, 1988, p. 362) [tradução nossa].

Tal citação condensa as principais sugestões encontradas na revisão da literatura sobre as estratégias de ensino usualmente utilizadas nos cursos de CTS (Solomon, 1993). No entanto, pode-se complementá-las, acrescentando-se a realização de visitas a indústrias (Phillips e Hunt, 1992) e a museus (Finson e Enochs, 1987); o estudo de caso, envolvendo problemas reais da sociedade (Byrne e Johnstone, 1988; Laeter e Lunetta, 1982); a utilização de entrevistas, relatório de dados, análise de dados de computador (Phillips e Hunt, 1992). Outras sugestões referem-se à introdução de microcomputadores e à utilização de materiais audiovisuais, como slides, filmes, kits, jogos e videotapes (Ashman, 1985).

Torna-se evidente que essas sugestões são coerentes com os objetivos propostos nos cursos de CTS que visam à consolidação da cidadania, pois todas elas contribuem para que os

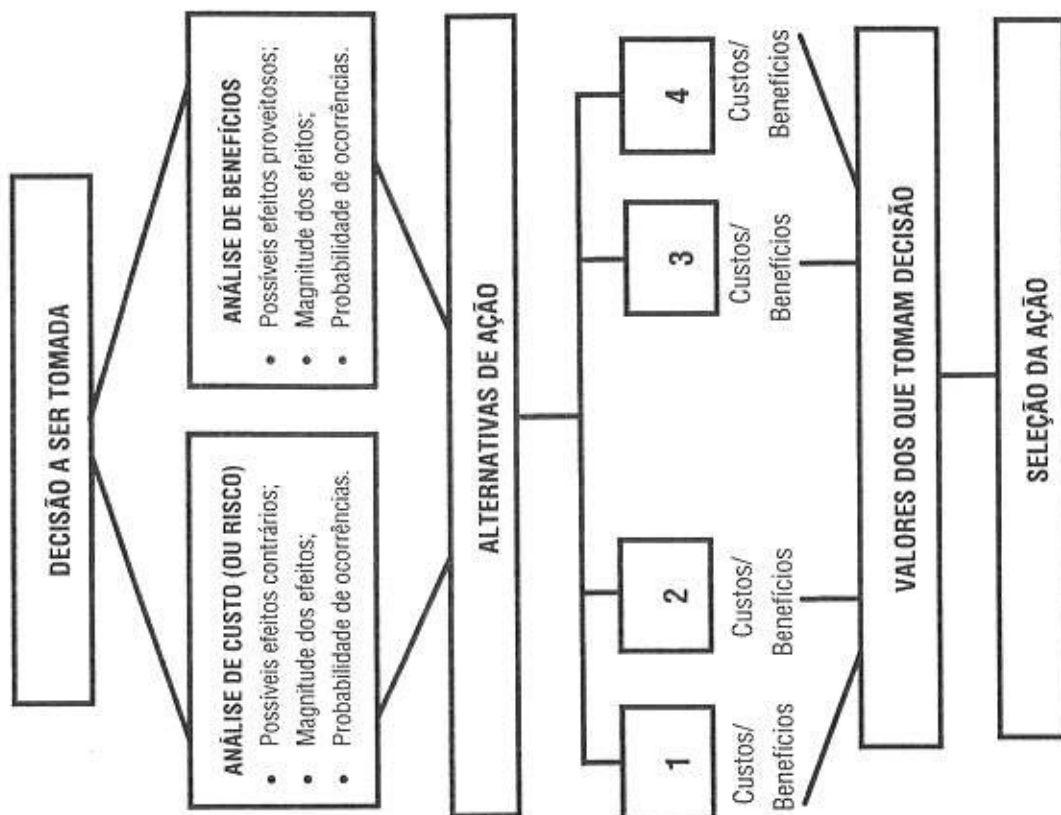
alunos desenvolvam atitudes de tomada de decisão. Neste sentido, vários autores discorreram sobre modelos e roteiros de atividades para assegurar o desenvolvimento de atitudes de tomada de decisão (Heikkinen, 1987; Knamiller, 1984; McConnell, 1982; Streitberger, 1988; Walsh, 1985; Zoller, 1982). Desses modelos, destacam-se os representados nas figuras 3 e 4.

FIGURA 3 - Estratégias de ensino de temas de CTS<sup>8</sup>



<sup>8</sup> Extrato de Knamiller, 1984, p. 73 [tradução nossa].

FIGURA 4 - Modelo de atividades para tomada de decisão<sup>9</sup>



<sup>9</sup> Extrato de MacConnell, 1982, p.21 [tradução nossa].

No modelo da figura 3 é introduzido um tema por meio de um problema que, após o estudo de conhecimentos científicos, tecnológicos e sociais, é resolvido pelos alunos, após a discussão das diversas alternativas possíveis, bem como das suas conseqüências.

O modelo da figura 4 representa as etapas sugeridas para que as atividades de ensino levem os alunos a tomarem uma decisão, a qual se baseia na avaliação de custos e benefícios e nos valores do sujeito.

Pode-se verificar que as estratégias de ensino frequentemente utilizadas nos cursos de CTS pressupõem e implicam a participação ativa dos alunos mediada pela ação docente, significando a adoção de uma concepção construtivista para o processo ensino-aprendizagem, caracterizado pela construção e reconstrução de conhecimentos pelos alunos (Cary, 1984; Driver e Oldham, 1986; Eijkelhof e Lijnse, 1988; Harlen, 1989; Kortland, 1990 e McFadden, 1991).

## Avaliação nos Cursos de CTS

Comparativamente aos itens abordados neste capítulo, poucos foram os artigos encontrados que tratam diretamente da questão da avaliação nos cursos de CTS.

Thomas (1985) aponta três dificuldades inerentes ao processo de avaliação escolar no ensino de CTS, quanto à natureza do comportamento a ser avaliado, aos problemas de mensuração e à transferência de situações reais para o contexto acadêmico.

Sobre a natureza do comportamento a ser avaliado, o referido autor discute a complexidade de tal avaliação, devido à combinação de fatores do domínio afetivo com os de domínio cognitivo. Isso significa que o comportamento frente a aspectos de CTS implica, também, a adoção pelo aluno de um sistema

de valores, o que torna complexa a avaliação do processo. Quanto aos problemas de mensuração, destaca o caráter subjetivo das opiniões emitidas pelo aluno a respeito dos tópicos do ensino em questão. Já com relação à transferência de problemas da vida real, discute a dificuldade da elaboração de questões sobre situações concretas do cotidiano para que o aluno faça a devida interpretação. Isso porque a simplificação do problema e das informações reduz a margem de considerações por parte do aluno.

Por sua vez, Yager e McCormack (1989) propõem áreas de domínio do ensino de ciências, incluindo aspectos relevantes a serem considerados no processo de avaliação dos cursos de CTS. Tais áreas compreendem:

- 1) Conhecimento e compreensão (domínio da informação).
- 2) Exploração e descoberta (domínio do processo da ciência).
- 3) Imaginação e criação (domínio da criatividade).
- 4) Sensibilização e valorização (domínio de opiniões).
- 5) Uso e aplicação (domínio de aplicações e conexões).

Desses domínios, os citados autores destacam que os programas de CTS iniciam e enfatizam o domínio de aplicações da ciência e tecnologia à sociedade e de suas inter-relações. Assim, a exploração dessas aplicações e inter-relações é o que diferencia os cursos de CTS dos demais, sendo portanto a área a ser mais enfatizada nas avaliações uma vez que poucos cursos concentram a sua atenção em tal área (Yager e McCormack, 1989).

## Recomendações para Implementação de Cursos de CTS

Aikenhead (Solomon e Aikenhead, 1994), ao rever várias pesquisas que avaliam os resultados alcançados pelos projetos

curriculares de CTS, constata que os estudantes têm se beneficiado com tais projetos, tendo sido identificados pontos positivos desse ensino, evidenciando o seu sucesso. Os resultados indicam que o ensino de CTS muito pode contribuir para a formação da cidadania, o que implica a necessidade de medidas para continuar o processo de implementação desse ensino.

Diversos autores sugerem recomendações nesse sentido, entre as quais é destacada a necessidade de formação de professores. Isto porque, nas palavras de Hofstein *et al.* (1988), ao comentarem as principais conclusões do "4º Simpósio Internacional sobre Tendências Mundiais em Ciência e Educação Tecnológica":

"O empecilho e a dificuldade principal na implementação de um curso de CTS é sem dúvida o professor de ciências. Está claro, através da maioria dos debates, que o treinamento tradicional de professores, tanto no estágio quanto em serviço, raramente aborda o ensino de um curso de CTS ou uma questão de CTS." (Hofstein *et al.*, 1988, p. 361) [tradução e grifo nossos].

Sabe-se o quanto o professor é a figura-chave na determinação do sucesso ou do fracasso de uma nova abordagem de ensino, de uma nova proposta de curso. No caso da formação de professores de química, as recomendações da literatura sobre CTS apontam a necessidade daquela contemplar também uma natureza interdisciplinar (Cary, 1984; Childs, 1986; Michener e Anderson, 1989; Rubba, 1989; Zoller *et al.*, 1991a, 1991b). Isso é reforçado pela seguinte citação:

"Os conceitos das ciências sociais são também apresentados, para que os alunos (e o professor) possam avançar do mais simples para o mais complicado. Contudo, o CHEMCOM não é um curso de química que pretenda tratar os assuntos sob o ponto de vista da química, por um lado, e das ciências sociais, por outro. É um curso de química que deve ser pensado por

professores de química, revisito por professores de química e reconsiderado por professores de química." (Ware *et al.*, 1986, p. 21).

Outra recomendação encontrada na literatura diz respeito à elaboração de materiais de ensino, a qual também se vincula à formação de professores:

"Independente dos materiais que serão planejados, os professores é que terão de interpretá-los e aplicá-los. Todavia, os professores de ciência de hoje não foram treinados para assumir essa tarefa. O desenvolvimento de materiais deve passar de mão em mão, através de debates entre professores acerca das questões e assuntos envolvidos, modos de tratá-los, para se ter um compartilhamento de experiências concretas, bem como cursos e treinamentos mais formais." (Gaskell, 1982, p. 44) [tradução nossa].

Outras sugestões para a implementação de cursos de CTS referem-se ao desenvolvimento de pesquisas sobre projetos curriculares, determinação de conteúdos, elaboração de estratégias de ensino e estabelecimento de procedimentos de avaliação (Bybee e Mau, 1986; Zoller *et al.*, 1991b).

Além disso, recomenda-se a constituição de equipes de professores para conjuntamente elaborar e avaliar propostas de ensino de CTS desenvolvidas junto a seus alunos (McFadden, 1991). Isto porque:

"O processo da reforma do ensino de ciências deverá ser traçado de modo a criar condições para que os próprios praticantes reflitam criticamente, tomem decisões de modo colaborativo e passem a tomar parte de pesquisas sobre os potenciais e os limites das propostas de reforma de CTS em relação ao ensino de ciência tradicional. Do mesmo modo que os alunos devem estar envolvidos na tomada de decisões sociais relacionadas com a ciência e a tecnologia, assim também os professores devem



estar envolvidos na tomada de decisões pedagógicas sobre o ensino de ciências.” (Hart e Robottom, 1990, p. 585) [tradução e grifo nossos].

Tais recomendações seriam também apontadas pelos educadores químicos brasileiros entrevistados neste trabalho, ao discutirem como concebem propostas de ensino de química que visem à formação do cidadão.



## CAPÍTULO 4

### *Elementos Curriculares de Propostas de Ensino de Química para Formar o Cidadão*