

## Uma proposta para o desenho interdisciplinar de ambientes virtuais de aprendizagem de ciências

\*.Marcelo Leandro Eichler\*\*

Mario Régis Gonçalves\*\*\*

Flávia Oliveira Monteiro da Silva\*\*\*\*

Fernando Junges\*\*\*\*\*

José Claudio Del Pino\*\*\*\*\*

**Resumo:** Neste artigo, faz-se uma revisão do estado da arte sobre o desenho de materiais didáticos computacionais. Nesse sentido, demonstra-se que a utilização de cenários pode interligar as estratégias de jogo, simulação e resolução de problemas. Essa revisão é apoiada em uma pedagogia crítica, que norteia as reflexões que são desenvolvidas sobre o projeto pedagógico dos ambientes virtuais de aprendizagem. Por fim, mostra-se um exemplo do desenvolvimento de um ambiente virtual de aprendizagem com essas características. Esse ambiente tem como tema os meios de produção de energia elétrica e seus respectivos impactos ambientais e sociais.

**Palavras-chave:** projetos interdisciplinares; ensino de ciências; resolução de problemas; simulação.

**Abstract:** [A suggestion on virtual learning environments design to science learning]: This paper aims to review the literature on design of computational pedagogic material. In this manner, it demonstrates that the use of scenarios may interconnect the play, simulation and problem-solving strategies. This revision is based on a critical pedagogy, which guides our reflections during the development of a pedagogical project on a virtual learning environment (VLE). Finally, this paper presents a sample of a virtual learning environment design with scenarios. This scenario shows not just the ways of electric energy production, but also their social and environmental impacts.

---

\* Financiamento: FAPERGS e CNPq

\*\* Marcelo L. Eichler é professor de química e pesquisador da Área de Educação Química (AEQ) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Brasil. Atualmente está cursando doutorado em Psicologia do Desenvolvimento, nessa mesma universidade, com bolsa CAPES. exlerbr@hotmail.com

\*\*\* Mário R. Gonçalves é geógrafo, foi bolsista de iniciação científica pelo CNPq.

\*\*\*\* Flávia O.M. da Silva é química, foi bolsista de iniciação científica pelo CNPq.

\*\*\*\*\* Fernando Junges é químico e foi bolsista de iniciação científica pelo CNPq

\*\*\*\*\* José C. Del Pino é professor de química na UFRGS, com doutorado em química de biomassa. É coordenador da AEQ, com bolsa de produtividade em pesquisa pelo CNPq.

**Keywords:** interdisciplinary projects; science teaching; problem solving; simulation.

## Introdução

No discurso das políticas públicas de educação que visam à utilização e o desenvolvimento das tecnologias da informação, pode-se perceber a idéia que a educação serviria de veículo para uma transformação social e econômica (McLaren, 1999). Por isso, talvez, a ênfase dada à tecnologia aparece como uma coqueluche. Professores de todas as convicções filosóficas, por um motivo ou outro, estão sendo instigados a adaptar seus currículos para incorporarem atividades de aprendizagem apoiadas pelo uso de computadores em rede (Hackbarth, 1997).

No entanto, uma vez que a introdução das novas tecnologias de informação e comunicação demanda uma soma muito grande de recursos, há uma pressão para a obtenção de resultados imediatos. Assim, essa pressão tem feito com que os computadores e os materiais didáticos informatizados sejam utilizados como mera substituição aos livros didáticos.

Em parte, é nesse sentido que tanto não se deve ser irrealistas quanto às expectativas do uso dos computadores na escola, quanto não se pode esquecer o constante entusiasmo e estímulo que o seu uso parece trazer (Collis e Carleer, 1993). Em outras palavras, conforme pondera Paulo Freire (1996), não se deve ser um ingênuo apreciador da tecnologia. Ainda que nela haja um enorme potencial de estímulos e desafios à curiosidade das crianças e dos adolescentes das classes sociais ditas favorecidas, há muito a se fazer para transformá-la em ferramenta de inclusão social e de desenvolvimento da cidadania em um definido projeto político-pedagógico.

Nesse sentido, é importante que a facilitação do acesso à informação seja acompanhada de ações planejadas no sentido de transformar informações em conhecimento. Assim, pelo menos três componentes de um planejamento educacional conceitualmente sofisticado e socialmente produtivo são necessários: 1) elaboração de cenários, ou ambientes interativos que situem a informação em conteúdos históricos, culturais, materiais e sociais específicos; 2) planejamento de atividades, através das quais se dá a exploração de informações localizadas em ambientes específicos, e seu uso na resolução de problema; 3) produção de conceitos, ou seja, os conhecimentos resultantes da atividade dos indivíduos e grupos em ambientes especialmente estruturados.

Esse planejamento pode ser feito através de temas transversais, que são um conjunto de conteúdos educativos e de eixos condutores da atividade escolar que, não estando ligados a nenhuma disciplina em particular, pode-se considerar que são comuns a todas (Yus, 1999). Os temas transversais surgiram das necessidades de levar para o campo da educação algumas das discussões destinadas a diminuir os problemas que, sobre determinados aspectos são de preocupação comum, por exemplo, as emergências

ambientais. Assim, o objetivo fundamental dos eixos transversais é influir sobre as atitudes e as pautas de comportamento. Dessa maneira, sugere-se que os alunos devem aprender a utilizar estratégias relacionadas com a resolução de problemas abertos e com o desenvolvimento da capacidade de argumentar.

Nessa perspectiva, a partir de uma orientação bachelardiana, pode-se pensar a função do professor como complicador e não como facilitador (Silva, 1999). O professor só facilita quando complica. Complica, à medida que desafia, à medida que propõe a análise de cada perspectiva, como uma perspectiva. Quando provoca a exposição do erro de forma discursiva, complica o saber fácil, dificulta os juízos apressados. Assim, se descobrir é a única maneira ativa de conhecer, fazer com que se descubra é, portanto, o único método de ensinar.

### **Algumas reflexões sobre o desenho**

O projeto pedagógico, que aqui tem desenho como sinônimo, é o cerne dos materiais didáticos, pois é ele que baliza o modo de planejar as sessões de aprendizagem. Sobre a pauta do desenho é que se decide pelas características de interação, de controle do estudante e de avaliação (El-Tigi e Branch, 1997).

Durante o desenvolvimento dos materiais didáticos informatizados, os erros mais comuns, que devem ser evitados, estão relacionados às decisões do desenhista ou da empresa que planeja a atividade. Isso se dá porque a principal intenção é modernizar a produção da instrução e não ampliar sua utilidade (Carroll, 2000). Por exemplo, mesmo que os computadores possibilitem a utilização dos mais altos níveis de instrução para aumentar o controle do estudante sobre sua aprendizagem (por exemplo, a estratégica de resolução de problemas), eles também podem ser usados para um mundano exercício-e-prática (treino-e-repetição). Ou seja, o meio não impõe o desenho (Starr, 1997). É por isso que se entende que a qualidade dos recursos didáticos atualmente disponíveis na Internet varia bastante, indo do excelente ao extremamente pobre (El-Tigi e Branch, 1997).

Nesse sentido, são diversos os conhecimentos que oferecem possibilidade de guiar as decisões de desenho. No desenvolvimento deste projeto, nós o fundamentamos nos aportes da teoria do conhecimento de Jean Piaget e a partir das reflexões de Paulo Freire sobre a docência (Eichler, 1999).

Em relação ao primeiro desses fundamentos, compreendemos que os elementos fundamentais para uma efetiva experiência de aprendizagem são ação e descoberta (Carroll, 2000). Além do mais, essas atividades são significativas para o estudante quando estão ligadas aos seus interesses, necessidades e objetivos pessoais. Isso porque as pessoas querem aprender em um contexto realista, querem ser hábeis a usar o que elas sabem para avaliar criticamente os novos conhecimentos e as novas habilidades com as quais se deparam. Esses temas não são novos, eles foram amplamente desenvolvidos por psicólogos como Jerome Bruner, John Dewey e Jean Piaget. Embora, em certos lugares, fossem bem conhecidos nos anos setenta, em geral, não foram

admitidos no esboço e na montagem de propostas para o uso educativo dos computadores.

Quanto ao segundo, entendemos a importância central de Paulo Freire como um pensador fundamental da educação, como um filósofo que se alinha como um dos mais importantes educadores da nossa era (McLaren, 1999). Nesse ensaio, sobre pedagogias e utopias, o autor entende que a obra de Freire pode ser re-inventada no contexto dos atuais debates em torno das tecnologias da informação e aprendizagem.

Nas proposições sobre a pedagogia com computadores é comum aparecer a idéia que a sociedade da informação requer, de professores e alunos, um pensamento transversal e projetos transdisciplinares de pesquisa e de aprendizagem (Assmann, 2000). Essa idéia adiciona uma gama de problemas aos desenhistas de AVA's. A maior parte desses problemas não está relacionada com a estratégia transdisciplinar em si, mas sim com os problemas conceituais que ela provoca, que na maioria das vezes não são fáceis de serem equacionados e resolvidos. Se já há problemas sérios e suficientes a serem superados no desenvolvimento de desenhos disciplinares, o que dizer daqueles que extrapolam esses limites? Aqui não se quer negar tal oportunidade, ainda mais porque se entende que o projeto que é relatado na parte final deste artigo possui tal diretriz. Quer-se, sim, enfatizar as dificuldades que ocorrem àqueles que se dedicam ao desenvolvimento dessas estratégias e que, nem sempre, são muito claras nos discursos de defesa e de exortação da ruptura das fronteiras disciplinares.

Por exemplo, desde a experiência com o desenho de materiais didáticos computacionais para o ensino de física, pontua-se as dificuldades que existem para, realmente, serem entendidas as relações conceituais que são necessárias para resolver um dado problema (Rieber e Matzko, 2001). Além dos mais, essas dificuldades podem ser ampliadas em função das decisões dos desenhistas. Um erro muito comum que se comete é a tentação de construir cenários muito elaborados para exemplificar conceitos básicos. Esse problema se acentua em situações em que múltiplas variáveis atuam concorrentemente para causar o efeito físico.

A superação desse tipo de problema, e não poderia ser diferente, envolve muito trabalho, estudo e reflexão. Nesse sentido, a pedagogia de Paulo Freire propõe o desenvolvimento de temas geradores para superar o problema da elaboração dos conteúdos curriculares e da aprendizagem dos conceitos disciplinares. Nessa pedagogia, o professor deve estimular seus alunos à pergunta e provocá-los à reflexão crítica sobre suas próprias perguntas, rompendo com a passividade dos alunos em face às explicações discursivas do próprio professor. É nesse sentido que “todo o ensino de conteúdos demanda de quem se acha na posição de aprendiz que, a partir de certo momento, vá assumindo a *autoria* também do conhecimento do objeto [em estudo]” (grifo do autor; Freire 1996, 140). Dessa forma, no campo da informática educativa, a estratégia pedagógica de pequenos projetos de investigação praticamente aparece como uma solução viável para o ensino fundamental (Fagundes, Sato e Maçada, 1999).

No entanto, diversos autores (Lin *et al*, 1995; Silverman, 1995; Starr 1997) entendem que, quando os conceitos são muito formalizados ou abstratos, são recomendáveis estratégias de solução de problemas e simulações antecedendo o

desenvolvimento dos projetos. Por exemplo, o grupo de cognição e tecnologia de Vanderbilt [The Cognition and Technology at Vanderbilt] (Lin *et al* 1995) tem trabalhado com comunidades de aprendizagem nas quais se utilizam resolução de problemas e atividades de projetos que mantenham o interesse do aluno de 4 a 16 semanas. No modelo proposto por esse grupo, entende-se que a estratégia de solução de problemas serve de apoio inicial para o desenvolvimento dos projetos por que, dessa maneira, esses se desenvolvem desde uma perspectiva mais informada. Além do mais, sugerem que esse modelo deve ser reinventado de lugar para lugar, mais do que simplesmente transportado e então implementado.

O uso de simulações computacionais, assim, tem sido recomendado para dar aos estudantes um melhor acesso aos tópicos que eles estão aprendendo e que normalmente seriam desenvolvidas em aulas expositivas. Dessa forma, uma das esperanças que se têm é que as simulações oportunizarão aos estudantes experimentar uma versão do mundo mais direta e por meio disso formular uma melhor compreensão conceitual (Laurillard, 1992).

Por sua vez, a resolução de problemas envolve o planejamento, a averiguação, a testagem, a revisão e a avaliação do caminho seguido pelo estudante. Em relação à educação ambiental, uma pesquisa sobre o uso combinado das estratégias didáticas de simulação e de resolução de problemas (Faryniarz e Lockwood, 1992) conclui que os estudantes de diversas maneiras: a) aprenderam os conteúdos a partir da estrutura de um problema de investigação atual (por exemplo, a análise da poluição de lagos, o gerenciamento e tratamento de esgoto e a dinâmica populacional); b) puderam compreender os limites da análise laboratorial; c) isolaram e extraíram a informação pertinente do material de pesquisa; d) formularam conceitos em pequenos grupos de discussão; e) começaram a reconhecer as limitações das predições baseadas nos modelos computacionais; e f) desenvolveram habilidades para balancear o desenvolvimento econômico em relação ao manejo ambiental.

Ao projeto pedagógico dos materiais didáticos informatizados, ainda, pode ser incorporada a estratégia do jogo. Porém, não uma forma qualquer de jogo, mas um tipo sério e criterioso, que engaje os estudantes em uma atividade intensa e cuidadosa. Muitas vezes, os melhores projetos didáticos evocam a experiência do jogo, pois provocam a tendência natural da pessoa improvisar com certos problemas até eles serem resolvidos (Rieber e Matzko, 2001).

Uma das formas de jogo utilizado em educação é a representação de papéis (Duveen e Solomon, 1994; Whisnant, 1992). Nas atividades desse tipo, alunos diferentes assumem os diversos papéis de um mesmo enredo, debatendo e defendendo as posições e os argumentos de seus personagens. Esse tipo de jogo, também, pode ser acompanhado de simulações, como forma de descrever e recriar o contexto para o debate (Whisnant, 1984).

Uma das maneiras de unir as estratégias didáticas de simulação, resolução de problemas e jogo é a utilização de cenários (Carroll, 2000). Por um lado, os cenários auxiliam os desenhistas na tomada de suas decisões, eles vêem e sentem o progresso de

seu trabalho em direção ao resultado final. Por outro lado, os cenários oferecem hipóteses concretas sobre como os estudantes utilizarão o material didático.

Uma das experiências mais bem-sucedidas dessa união de estratégias didáticas é o projeto Química na Comunidade (Chemistry in the Community – ChemCom), da Sociedade Americana de Química (American Chemical Society, 1993). Esse projeto visou à produção de um material didático que fosse utilizado por estudantes de química em nível médio, com o apoio de práticas de laboratório e atividades com computadores. O primeiro capítulo do material didático, que se chama “Suprindo nossas necessidades de água”, inicia com uma abordagem ficcional. Uma notícia de jornal relata o problema ambiental da mortandade de peixes e a preocupação das pessoas com a possível poluição das águas na região de Riverwood. Durante o decorrer desse capítulo, bem como de suas aulas, o estudante deverá resolver esse problema, deparando-se com vários conceitos e métodos da química. Uma das atividades de computador que integra a proposta do projeto é o software Lake Study (Whisnant, 1984), que contém uma simulação em que o estudante pode variar a temperatura da água de um aquário e a qualidade e a concentração de diferentes compostos químicos dissolvidos em água, verificando a mortandade dos peixes no aquário em relação às condições escolhidas. Assim, os problemas que são, inicialmente, abordados em um contexto de ficção servem de referência conceitual e metodológica para o desenvolvimento, posterior, dos pequenos projetos de investigação. Por exemplo, depois de estudar as características do suprimento da água na fictícia Riverwood, os estudantes são desafiados a investigar e particularizar esse tema no contexto da região onde vivem. Entretanto, esse material se encontra em inglês e não existe nenhum similar no português.

Dessa forma, ao concebermos um ambiente virtual de aprendizagem (AVA) inspirado nessas reflexões, pretendemos que ele seja o mais aberto possível às diferentes formas de utilização, justamente para que professores e alunos decidam a melhor maneira de o utilizar. Na próxima sessão, em relação ao tema que gera as atividades educativas desenhadas, são exemplificadas algumas características do AVA que vimos desenvolvendo.

### ***O desenho de Energos<sup>1</sup>.***

No que tange as escolhas temáticas de nosso desenho, numerosos projetos educativos em torno das temáticas transversais tem sido elaborados a partir de uma dimensão que pode ser chamada de intertransversal, ou seja, uma espécie de interdisciplinaridade entre temas transversais (Yus, 1999). Exemplo típico dessa dimensão seria a educação ambiental, que se em seu começo deu maior ênfase ao estudo do meio físico, hoje a própria visão de meio ambiente é mais complexa e global.

---

<sup>1</sup> Os desenhos que são descritos estão sendo implementados em tecnologia Java, sob o conceito de software livre. Para acompanhar o andamento desse projeto, sugerimos uma visita à nossa home page: [www.iq.ufrgs.br/aeq/](http://www.iq.ufrgs.br/aeq/)



Atualmente, a base da problemática ambiental descansa sobre o modelo de desenvolvimento econômico em escala planetária, em que o fator humano adquire uma especial importância no tratamento global dos problemas. O conflito político entre os defensores da proteção ambiental e os partidários de lucros em curto prazo ainda continua, porém agora num nível regional e global, não mais apenas local. Assim, entende-se que tais conflitos se tornarão continuamente mais amargos até que a maioria das pessoas se torne consciente não apenas dos perigos decorrentes de se deixar a poluição fora de controle, mas também da tecnologia corretiva ou preventiva que pode ser aplicada, antes que isso aconteça (Acot, 1990; Odum, 1985).

Uma vez que consideramos a conscientização como um processo de educação, e entendendo que o uso adequado das novas tecnologias da informação e da comunicação pode auxiliar nesse processo, estamos produzindo materiais didáticos computacionais cuja temática são os impactos ambientais e sociais dos principais modos de produção de energia elétrica (hidroelétrica, termoeletrica, etc.). Dessa forma, foram desenhadas atividades de simulação e de resolução de problemas que permitem ao usuário, por exemplo: (1) identificar as causas dos problemas simulados e as suas conseqüências; (2) propor possíveis soluções; (3) decidir sobre os procedimentos de emergência a serem tomados, a partir do estudo das legislações pertinentes; (4) estudar e analisar casos que permitam tomar providências no sentido de evitar possíveis impactos; e (5) escolher o meio de produção de energia a ser ampliado em função do aumento da demanda no consumo.

O estudo da questão energética é desenvolvido através da análise do sistema elétrico de *Energos*. Os dados utilizados para simular a matriz energética, onde constam, tanto a configuração da produção, distribuição e utilização da energia elétrica, quanto a sua demanda em função de características sócio-econômicas, foram adaptados de fontes oficiais, como Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e Centrais Elétricas Brasileiras SA (Eletrobrás). Pretende-se utilizar essa matriz para propiciar debates sobre alternativas energéticas em atividades de ensino e aprendizagem. Essas atividades são realizadas com o suporte de mapas temáticos de relevo, hidrografia, densidade populacional, político e das microrregiões da fictícia região de *Energos*. O mapa das microrregiões, por exemplo, pode ser visto na Figura 1. Um personagem apresenta ao estudante a seguinte situação problema: “(...) o consumo de energia elétrica na região de *Energos* está em ascensão. Projeta-se que em quatro ou cinco anos a produção de energia elétrica, nessa região, não seja suficiente para suprir a demanda. Sua tarefa é analisar o sistema elétrico dessa região e propor uma solução, visando a sua expansão”.

O sistema elétrico de *Energos* é apresentado na forma de conjuntos de quadros contábeis que procuram explicitar os fluxos e as quantidades de energia produzida, distribuída e consumida, ao longo do tempo, em uma determinada região. Uma vez que esse sistema simulado tem um cunho de transposição didática, são disponíveis apenas as principais variáveis envolvidas (Januzzi e Swisher, 1997). Entendemos que o estudo desse sistema possibilitará a discussão de temas econômicos, políticos e sociais. Entre eles, a questão das fontes alternativas de geração de eletricidade, tais como as energias eólica, solar e de biomassa (Marschoff, 1992). Dessa forma, também foram projetadas atividades que contemplem essas fontes de energia. Por exemplo, para que o estudante

possa trabalhar o tema energia eólica, elaborou-se um padrão de potencial eólico para *Energos*. Entre as atividades previstas, encontra-se a descrição dos fatores que influenciam o potencial eólico, tais como, a origem e as características dos ventos, bem como a possibilidade de sua utilização e os equipamentos de medição e de transformação em energia elétrica. Nos mapas temáticos é possível evidenciar a relação existente entre a velocidade dos ventos e a topografia. Dessa maneira, pode-se perceber que o potencial eólico de *Energos* é maior no litoral, diminuindo à medida que avança continente adentro ou encontra barreiras topográficas.

No mapa da Figura 1, também, constam atividades modulares nas quais são abordados alguns problemas ambientais de formas tradicionais de geração de energia elétrica – carboelétrica, termonuclear e hidroelétrica. Essas atividades são apoiadas por mapas e são independentes, ainda que relacionadas.

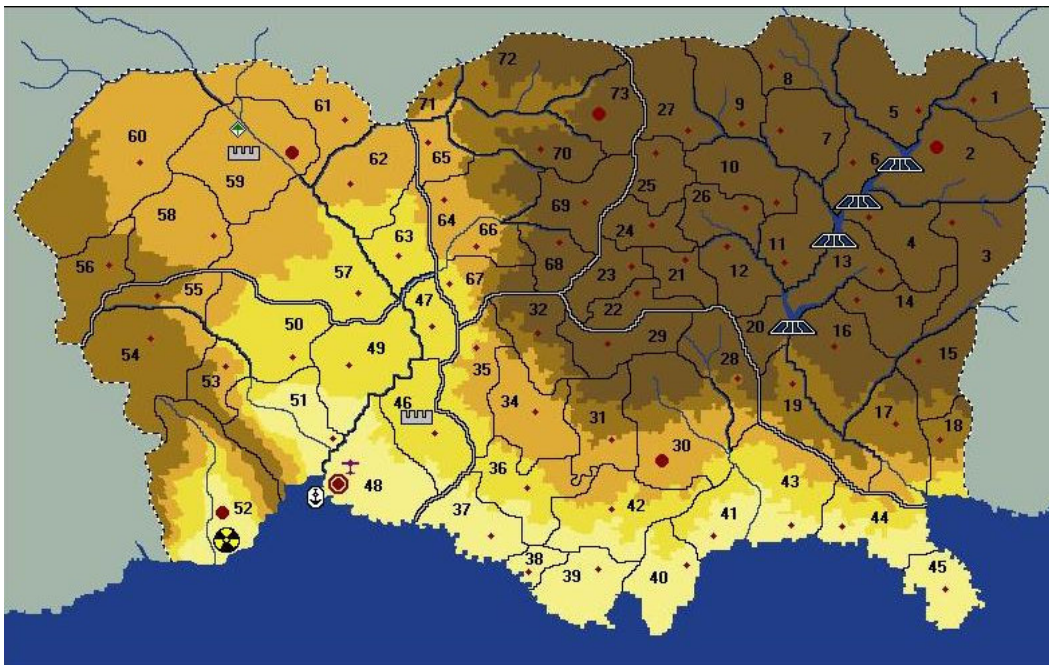


Figura 1 - Mapa das microrregiões de Energos.

Na história deste nosso projeto, as primeiras atividades didáticas foram desenvolvidas junto a uma cidade chamada *Carbópolis*, resultando em software homônimo (Eichler e Del Pino, 2000). O problema apresentado nessa cidade, município de número 59 no mapa de *Energos*, consiste na diminuição da produção agropecuária em uma localidade próxima a uma usina termelétrica. O cenário que auxilia o estudante a situar o problema pode ser visto na Figura 2. Para resolvê-lo o estudante deve verificar os danos causados, a origem dos mesmos e propor uma solução que venha a diminuí-los. A sua disposição tem algumas ferramentas que permitem que tome conhecimento da situação da região, por exemplo, ele pode consultar os depoimentos de agricultores, da relações-públicas da usina, de um guarda florestal, de um mineiro e do prefeito da cidade. Também estão disponíveis instrumentos para a amostragem e análise da qualidade do ar e da água da chuva, bem como um hipertexto para consultas diversas, que além de textos possui desenhos, como os dos ciclos biogeoquímicos envolvidos.





Figura 2 - Cenário da atividade sobre impacto ambiental (chuva ácida) de usina carboelétrica.

O estudante, para resolver o que lhe é proposto, pode atribuir hipóteses para a causa do problema e propor uma solução, ou seja, instalar um dos equipamentos antipoluentes disponíveis. Nesse sentido, para que ele possa verificar se sua hipótese realmente é a causa do problema, ele poderá recorrer aos instrumentos de controle de poluição utilizados para a hipótese correspondente, voltar a coletar e analisar amostras e evidenciar a melhora, ou não, da qualidade do ar e da água da chuva.

As questões relacionadas à produção de energia nuclear estão presentes em *Cidade do Átomo*, município número 52 no mapa de *Energos*, conforme Figura 1. O cenário para essa atividade é reproduzido na Figura 3. Ao estudante é colocado o problema: *houve um atraso na inspeção anual de rotina da usina termonuclear e se desconfia de vazamentos*. Dessa forma, cabe a ele avaliar se houve contaminação, pelo combustível ou por seus produtos de fissão, da usina e do meio ambiente. Para auxiliar sua investigação, o estudante pode, entre outras atividades: realizar atividades de coleta de amostras do ar e da água; analisá-las em laboratório; fazer uma enquete com os habitantes da cidade (na Figura 4, consta o desenho da praça em que se dá essa atividade); consultar uma biblioteca hipertextual e fazer anotações em bloco de notas.

Ainda mais, para ressaltar que a modularidade desses cenários foi planejada para ir além das temáticas relacionadas ao debate sobre os meios de produção de energia elétrica, uma outra atividade foi desenvolvida junto ao cenário de *Carbópolis*. O conteúdo temático dessas atividades foi baseado em um problema de impacto ambiental causado pela aplicação inadequada de agrotóxicos em uma lavoura de soja, que levou à eutrofização do rio, próximo à baía dos pescadores da região. O cenário que apoia a situação desse problema pode ser visto na Figura 5. Para promover a solução do problema, o estudante pode: realizar biópsias em peixes; identificar a causa da morte dos peixes; coletar amostra de água e de sedimento; localizar a fonte poluente do rio; entrevistar os moradores da região; fazer anotações em um bloco de notas; realizar uma simulação em tanque de peixes e consultar uma biblioteca com rotinas hipertextuais, que fundamentam e complementam os conteúdos abordados. Além do mais, no planejamento da atividade previu-se como solução do problema a proposição de um outro método para combater as pragas da lavoura. Assim, a solução proposta pelo

usuário pode ser verificada através das mesmas análises que foram feitas anteriormente. A conclusão do programa é feita através de relatórios na qual o usuário reporta a identificação da causa do problema, da fonte poluidora e da alternativa utilizada.



Figura 3 - Cenário da atividade sobre produção de energia nuclear.



Figura 4 - Cenário em que ocorre a enquete em *Cidade do Átomo*.

Finalmente, para evitar que um certo contexto regional pudesse ser por demais particular, optou-se pelos cenários fictícios. Por isso, a partir da utilização das atividades pedagógicas relacionadas a esses cenários, queremos permitir aos estudantes a construção dos muitos conceitos abstratos ali presentes. Assim, entendemos ser sobremaneira válido que os estudantes desenvolvam projetos de investigação visando ao estudo desses mesmos temas nas características particulares de suas próprias regiões.



Figura 5 - Cenário da atividade sobre poluição com agrotóxicos, exemplo da expansão modular do sistema.

### Referências Bibliográficas:

ACOT, P. **História da Ecologia**. Rio de Janeiro: Campus, 1990.

AMERICAN CHEMICAL SOCIETY. **Chemistry in the community**. Dubuque – Iowa: Kendall/Hunt, 1993.

ASSMANN, H. A metamorfose do aprender na sociedade da informação. **Ciência da Informação**, 29 (2), 7-15, 2000.

CARROLL, J.M. Five reasons for scenario-based design. **Interacting with Computers**, 13, 43-60, 2000.

COLLIS, B. & CARLEER, G. The effects of technology-enriched school intervention: a multiple case-study analysis. **Computers & Education**, 21 (1/2), 151-162, 1993.

DUVEEN, J. & SOLOMON, J. The great evolution trial: use of role-play in the classroom. **Journal of Research in Science Teaching**, 31 (5), 575-582, 1994.

EICHLER, M.L. & DEL PINO, J.C. Carbópolis, um software para educação química. **Química Nova na Escola**, 11, 10-12, 2000.

EICHLER, M.L. Uma abordagem construtivista para a aprendizagem de ciências com o uso do computador. **Informática na Educação: Teoria & Prática**, 2 (2), 55-64, 2000.

FAGUNDES, L.; SATO, L. & MAÇADA, D. **Aprendizes do futuro: as inovações começaram!** Brasília: Secretaria da Educação a Distância, Ministério da Educação, 1999.

FARYNAIARZ, J.V. & LOCKWOOD, L.G. Effectiveness of microcomputer simulations in stimulating environmental problem solving by community college students. **Journal of Research in Science Education**, 29 (5), 453-470, 1992.

EL-TIGI, M. & BRANCH, R.M. Designing for interaction, learner control, and feedback during web-based learning. **Educational Technology** (May-June), 23-29, 1997.

FREIRE, P. **Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa.** São Paulo: Paz e Terra, 1996.

HACKBARTH, S. Integrating web-based learning activities into school curriculums. **Educational Technology** (May-June), 59-71, 1997.

JANUZZI, G.M. & SWISHER, G.M. **Planejamento integrado de recursos energéticos.** Campinas: Autores Associados, 1997.

LAURILLARD, D. Learning through collaborative computer simulations. **British Journal of Educational Technology**, 23 (3), 164-171, 1992.

LIN, X.; BRANSFORD, J.D.; HMELO, C.E.; KANTOR, R.J.; HICKEY, D.T.; SECULES, T.; PETROSINO, A.J. & GOLDMAN, S.R. Instructional design and development of learning communities: an invitation to a dialogue. **Educational Technology** (September-October), 53-63, 1995.

MARSCHOFF, C.M. **Las fuentes de energía en el siglo XXI.** Cidade do México: Fondo de Cultura Econômica, 1992.

McLAREN, P. **Utopias Provisórias.** Petrópolis: Vozes, 1999.

ODUM, E.P. **Ecologia.** Rio de Janeiro: Interamericana, 1985.

RIEBER, L.P. & MATZKO, M.J. Serious design for serious play in physics. **Educational Technology** (January-February), 14-24, 2001.



SILVA, I. B. **Inter-relação: a pedagogia da ciência**. Ijuí: Unijuí, 1999.

SILVERMAN, B.G. Computer supported collaborative learning. **Computers & Education**, 25 (3), 81-91, 1995

STARR, R.M. Delivering instruction on the world wide web: overview and basic design principles. **Educational Technology** (May-June), 7-14, 1997.

YUS, R. **Temas transversais em busca de uma nova escola**. Porto Alegre: Artmed, 1999.

WHISNANT, D.M. Scientific exploration with a microcomputer: simulations for nonscientists. **Journal of Chemical Education**, 61 (7), 627-629, 1984.

WHISNANT, D.M. A role-playing exercise using a computer simulation. **Journal of Chemical Education**, 69 (1), 42-43, 1992.