

Compreensões de professores sobre o software educativo *Carbópolis* e sua utilização em diferentes realidades de escola

Juliano de Oliveira Guterres, Marcelo Leandro Eichler e José Cláudio Del Pino
Área de Educação em Química - Instituto de Química – Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Av. Bento Gonçalves, 9500 - CEP 91501-970, Porto Alegre (RS)

Email: aeq@iq.ufrgs.br
<http://www.iq.ufrgs.br/aeq>

Resumo: Existem diversos critérios para a análise de softwares educativos. Entre eles, talvez o mais interessante seja o da usabilidade, que procura pela avaliação do efetivo uso do software em sala de aula. Vimos utilizando esse critério de avaliação na análise de *Carbópolis*, um programa voltado à educação ambiental e de distribuição gratuita. Nesta pesquisa, buscaram-se as vozes dos professores. Para tanto foram realizadas entrevistas com professores que utilizaram o programa em algum momento de seu trabalho, seja no meio escolar ou acadêmico. Essas entrevistas visaram a obter informações sobre como os professores conheceram o programa, como o inseriram em sua proposta pedagógica, a posição deles a respeito da informática educativa e se há incentivo da escola para esse tipo de atividade, entre outras. Além disso, foram identificadas opiniões e sugestões dos professores para a melhoria do programa. Neste artigo mostraremos e discutiremos a diversidade contextual e as diferentes propostas de trabalho observadas em nossa amostra de professores.

Palavras chaves: software educacional; formação de professores; informática educativa; educação ambiental.

Abstract: There are several criteria directed to the analysis of educational software. Possibly, the most important of them is the criterion of usability, which aims at the evaluation of the usage of the software in classroom. We have been using this criterion of evaluation in the analysis of *Carbópolis*, a free software directed to environmental education. In this research we looked for the teachers' voice. Thus, teachers who had used the software either in the school or at college were interviewed. These interviews aimed at obtaining more information about how they assessed the software, how they made use of it in their classes, what are their position concerning educational software and if the school supports this sort of activity. Besides that, we looked for opinions and suggestions that could be used in the improvement of the software. In the present paper we show, and also discuss, the contextual diversity and the different work proposals that were observed in our research with teachers.

Key-words: educational software; teacher training; environmental education.

Introdução

Desde 1999, está disponibilizado, na Internet, para distribuição gratuita o software *Carbópolis* (www.iq.ufrgs.br/aeq/carbop.htm), primeiro produto de um projeto que visa a modelagem e implementação de ambientes virtuais de aprendizagem de ciências (Eichler, Gonçalves, Silva, Junges e Del Pino, 2003a e 2003b).

Carbópolis é um programa de computador sobre poluição ambiental desenvolvido para alunos e professores dos diferentes níveis de ensino. O programa utiliza uma estratégia de solução de problemas para abordar alguns conceitos, de química e de meio ambiente, relacionados à poluição do ar e à chuva ácida. A Figura 1 mostra a tela do software sob a qual se desenvolve a maior parte das ações dos usuários.



Figura 1 – Tela principal do software *Carbópolis*.

O maior objetivo de *Carbópolis* é propiciar um espaço para o debate de uma das questões relacionadas à poluição ambiental: chuva ácida. Para atingir esse fim foi utilizado o artifício da simulação de uma análise ambiental. Independentemente da possibilidade de alguma correspondência com a realidade (Fiedler e Solari, 1991; Fiedler, Martins e Solari, 1990), o problema ambiental que é apresentado em *Carbópolis* é uma representação. Os personagens e os depoimentos que constam nele são fictícios. Nesse sentido, também, os textos de apoio foram adaptados em função da finalidade proposta.

O problema apresentado em *Carbópolis* consiste na diminuição da produção agropecuária em uma localidade próxima a uma usina termelétrica. 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 uma biblioteca para consultas diversas, que além de textos possui desenhos, como os dos ciclos biogeoquímicos envolvidos.

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.

Finalmente, os textos apresentados em *Carbópolis* utilizam um formato hipertextual. Ou seja, as informações relacionadas ao entendimento e à solução do problema proposto estão interligadas ativamente, de forma a possibilitar consultas imediatas em ordem ditada pelo leitor. Isso permite que a abordagem dos conceitos do meio ambiente e da química não seja linear e escalonada. Assim, a partir das ligações possíveis, é a curiosidade e a necessidade do estudante que irá determinar o caminho utilizado para a leitura, bem como para o conhecimento do problema proposto e de sua solução.

Embora a Internet tenha sido escolhida o principal meio de divulgação de *Carbópolis*, o programa, bem como algumas possibilidades para seu uso educacional, tem sido divulgado em diversos espaços de formação e de debates de professores (Eichler e Del Pino, 1997; Eichler e Del Pino, 1998; Eichler e Del Pino, 2000a). Além disso, a análise dos caminhos de aprendizagem durante a utilização do *Carbópolis* foi tema de uma dissertação de mestrado (Eichler, 2000, Eichler e Fagundes, 2001). Neste artigo, pretendemos evidenciar as compreensões de professores que utilizam esse software educativo em diferentes realidades de escola.

Como se trata de um software bastante rico em informações e com características interdisciplinares, *Carbópolis* pode contribuir com o trabalho do professor de muitas formas. A maneira como o programa será utilizado vai depender diretamente dos objetivos buscados e dos recursos disponíveis. Por essa razão existe a necessidade de se conhecer as circunstâncias em que o software tem sido utilizado em sala de aula, em que contexto escolar, sob qual proposta do professor, as reações dos alunos, enfim, conhecer o real aproveitamento do *Carbópolis* nas escolas.

Nesse sentido, entendemos que uma pesquisa de caráter qualitativo, envolvendo entrevistas com professores que são considerados exemplares em seus diversos contextos de atuação escolar, pode propiciar uma análise eficaz da usabilidade do software (Squires e McDougall, 1994).

Procedimentos

As características escolhidas para a distribuição de *Carbópolis*, gratuita e pela Internet, tornam difíceis as estratégias que intentam registrar e analisar as percepções dos professores sobre a utilização desse software. Dessa forma, buscamos duas alternativas. A primeira consistiu em procurar os professores que passaram por algumas de nossas atividades de formação continuada e que sabíamos que utilizam esse programa com seus alunos. A segunda se deu através de uma consulta, feita pelo núcleo de ciências da assessoria pedagógica da Secretaria Municipal de Educação da Prefeitura de Porto Alegre, aos professores da rede pública municipal (Eichler e Del Pino, 2002).

A análise que é apresentada neste artigo está identificada com a pesquisa qualitativa (Bogdan e Biklen, 1994). Portanto, na coleta e na análise dos dados a ênfase está sobre a qualidade dos depoimentos dos professores participantes da investigação e não na quantidade de participantes. Nesse sentido, a diversidade dos depoimentos importa mais do que a repetição de opiniões e o registro de seus percentuais.

Foram entrevistados seis professores, que possuem as seguintes características:

A.R., licenciado em química, professor da rede pública estadual. Leciona química no ensino médio e é multiplicador de um Núcleo de Tecnologia Educacional (NTE) da Região Metropolitana de Porto Alegre.

A.T., licenciado em biologia, professor da rede pública estadual em uma escola de ensino técnico. Leciona ciências no ensino fundamental.

A.R.R., licenciado em química e especialista em educação química, professor da rede pública estadual. Leciona química no ensino médio.

C.F.V.S., bacharel em química, aluna de licenciatura e estagiária de um programa de ensino médio de jovens e adultos trabalhadores.

L.K., licenciado em química, professor da rede pública municipal, onde leciona ciências. Também é professor de química no ensino médio.

M.F., licenciada em química e mestre em educação. Professora de disciplinas de metodologia e prática de ensino em uma instituição universitária. Também leciona química no ensino médio, em escola particular.

O instrumento dessa pesquisa foi uma entrevista semi-estruturada, baseada nas sugestões de Squires e McDougall (1994) para a análise de softwares educativos, cujas principais perguntas foram:

- Como você conheceu *Carbópolis*?
- Qual o contexto de sua utilização?
- Os problemas e soluções contidas no software são realistas e válidos?
- Os alunos se motivaram com essa proposta de trabalho?
- Sobre as bibliotecas e entrevistas contidas no programa, deram o apoio necessário para o término da atividade? E quanto à linguagem, ela é acessível aos alunos?
- O programa orienta o usuário na medida em que este vai criando hipóteses de solução do problema e respondendo o relatório?
- Quanto à complexidade, está de acordo com o nível dos alunos?
- Teve a duração apropriada?
- Quanto aos gráficos, cores e aparência, o software é atrativo?
- Houve problemas quanto ao entendimento da operação do software?
- É um software firme, sem bugs ou conflitos com o sistema operacional?

Na próxima seção, damos voz¹ aos professores para evidenciar os contextos de utilização do software *Carbópolis* e a avaliação que eles fazem de tal uso. Além disso, como as respostas dadas pelos professores, durante o desenrolar das entrevistas, ultrapassaram bastante o que havíamos pensado inicialmente abordaremos, também, os comentários feitos pelos professores sobre educação em ciências, informática educativa, educação ambiental e formação de professores.

Resultados e discussões

1) Da descoberta do software à tomada de consciência da necessidade da formação do professor.

A descoberta do software pelos professores pode ser separada em dois momentos. O primeiro, através do contato direto com os professores, como nos cursos de graduação e de extensão promovidos pela Área de Educação Química (AEQ) e nos encontros de professores, como o Encontro de Debates sobre Ensino de Química (EDEQ), que ocorrem desde 1980 no Rio Grande do Sul. Mas há, também, quem tenha descoberto o software em buscas na Internet, que foi um dos meios escolhidos para fazer a distribuição do software. Por exemplo, “[A.T.]: (...) pesquisando na internet eu descobri ele (o software *Carbópolis*). Quando eu olhei, (...) eu digo “bah”, mas como é que tem um programa desse e ninguém divulga. (...). Pô, será que é isso mesmo? Eu acho que tem muito ainda o que pesquisar nessa área. Porque é muito difícil ter um programa bom que atenda as tuas necessidades. É muito difícil encontrar. Esse *Carbópolis* até foi uma surpresa (...). É um programa tão bom e não tem nenhuma divulgação, sabe, e eu acredito que foi um dos melhores que já encontrei”.

¹ Na transcrição dos depoimentos dos professores procurou-se manter a fluidez da fala. Dessa forma, podem aparecer expressões regionais, gírias e problemas de concordância, como na fala coloquial.

Aqui um registro pertinente, a divulgação do software pela Internet não parece suficiente por parte do professor, talvez acostumado a estrutura das editoras de materiais didáticos ou aos mecanismos utilizados na esfera pública, através de assessorias pedagógicas ou de Coordenadorias Regionais de Educação.

Como é possível depreender da apresentação dos professores participantes desta investigação, o contexto da utilização de *Carbópolis* é muito diversificado e rico. É importante apontar que quando planejamos esse software, pensamos justamente em propiciar uma ampla gama de possibilidades para sua utilização. A seguir, vamos caracterizar algumas das situações de vivência pedagógica.

Vamos começar vendo qual é o uso do software nas atividades de formação de professores. Assim, a professora que trabalha com metodologia do ensino de química no nível superior considera que as utilizações do laboratório de química e de informática são recursos didáticos interessantes para se apresentar ao licenciando. Entretanto, ressalta que a utilização de computadores envolve uma seleção de softwares e sítios na Internet que sejam adequados às atividades propostas pelo professor. Nesse caso, é notável que a utilização de *Carbópolis* é feita em comparação a outros produtos de apoio pedagógico disponíveis, sejam outros softwares ou mesmo livros didáticos.

Dessa forma, é importante que o futuro professor tenha formação para realizar a análise de softwares educacionais, conforme expressa a professora: “[M.F.]: (...) *para que os professores também desenvolvam isso, de que quando recebam, assim como o livro didático, esse tipo de material, dêem uma olhada, vejam que tipo de material é aquele, se aquilo atinge seus objetivos, se aquilo não é como se fosse um livro. (...) Às vezes é igual (...) às vezes é pior até que fazer uma pesquisa num livro. Às vezes têm conceitos equivocados*”.

Nesse sentido, descreve e exemplifica a qualidade de alguns softwares educacionais que conhece que abordam assuntos relacionados à química. Ela cita um exemplo ruim: “[M.F.]: *Tem um programa que vem de uma editora (...) que é sobre estequiometria*². *O programa é para ajudar a trabalhar com cálculos estequiométricos e tem uma balança. Na verdade, tu tens que acertar os coeficientes e os coeficientes vão sendo acertados conforme a balança equilibra ou desequilibra. Bom, aquilo ali o aluno pode não saber nada de química. Não ter a mínima noção do que significa estequiometria e vai acertar os coeficientes. (...) Então eu prefiro trabalhar de outra forma, com uma atividade experimental ou mesmo com modelagem (...) para esse conteúdo. Eu realmente não gosto, acho muito ruim*”.

Em sua opinião, cita bom exemplo: “[M.F.]: *Tem um outro programa (...) que é sobre termoquímica*³, *que tem coisas que ele traz bem interessantes. Ele vai mostrando no programa a influência da temperatura, da concentração de uma solução, da diluição, o grau de solubilidade. Então isso dá uma idéia mais geral do processo. Então eu acho que [a informática educativa] é mais uma possibilidade e tem que olhar, ver se serve ou não serve. É como o livro texto, tem que ver se é bom ou se não é, se para aquele determinado conteúdo ele serve ou não serve. Se uma atividade experimental para um determinado conteúdo é significativa, é importante, ou é dispensável*”.

Vale lembrar que a comunidade dos educadores em ciências e, em particular, em química há muito vem dando ênfase à necessidade da análise do livro didático nas atividades de formação inicial e continuada dos professores da escola básica (Loguercio, Samrsla e Del Pino, 2001a e 2001b) (Lopes, 1992) (Schnetzler, 1981).

²Sei+Química 3 em 1. São apresentadas três atividades independentes sendo a primeira denominada Balanceamento 1.0 que versa sobre estequiometria.

³ Sei+Química 3 em 1. Esta é a terceira atividade apresentada no software, denominada Solubilidade 1.0.

No mesmo sentido, também atua o professor que é multiplicador no NTE e que trabalha com formação continuada. Ele nos fala de sua experiência: “[A.R.]: *Durante os nossos cursos, nós temos um determinado espaço que é para a avaliação de softwares e dependendo da área do professor que está fazendo o curso, nós oferecemos cursos condizentes. Se o professor é de química, um software de química para ele avaliar. Se professor de matemática, um software de matemática, e assim por diante. Até agora nós tivemos alguns professores de química que utilizaram ele (Carbópolis) para avaliar, a questão de uso pedagógico*”.

Entretanto, como se verá mais adiante o software *Carbópolis* tem sido usado, também, em atividades que vão para além dos demarcados campos disciplinares. Sendo isso, inclusive, um dos cerne da proposta pedagógica que originou o desenvolvimento do software.

O professor A.R. faz, também, uma análise dos softwares educacionais disponíveis, classificando-os em função dos estilos pedagógicos clássicos que estão associados à informática educativa: pergunta e resposta, tutorial, jogo, resolução de problema e simulação (Carraher, 1990 e 1992; Coburn, 1988; Lollini, 1991). “[A.R.]: *Existem diversos tipos de software e cada um dentro de uma linha pedagógica. Dá para se classificar dentro de linhas pedagógicas, existem softwares que são tutoriais, outros que já são mais construtivos (...). É bastante complicado conseguir algum software que seja aproveitado dentro da forma como eu penso que deve ser trabalhado no ensino (...). De um modo geral, existem softwares em abundância que é do tipo “pergunta e resposta”. Se o aluno não respondeu um número “x” de questões naquele módulo, ele repete o módulo até decorar tudo. E esse tipo de software eu dispense completamente. Eu gosto daqueles que são mais interativos e também quando há possibilidade de eu conseguir fazer com aquele software coisas que não estavam previstas pelo desenvolvedor*”.

Nesses casos de formação de professores, inicial ou continuada, são integrados elementos de informática educativa à prática pedagógica. Entretanto, sempre pode ser feita a pergunta: já está pronto o cenário para a utilização de computadores no ensino básico? Pelos depoimentos dos professores parece que sim, pelo menos em termos de equipamentos. Vejamos alguns depoimentos: “[M.F.]: *Ela [a universidade em que trabalha] tem um investimento grande. (...) Agora [há] três laboratórios, recém montados. Existem pessoas que trabalham para atender professores e alunos. Quer dizer, não é aquela coisa assim: “Ah, eu vou usar o laboratório de informática, tenho que pegar a chave com...”, não! Tem gente trabalhando nos três turnos para instalar programas, te deixar o laboratório pronto. (...). Então existe todo um incentivo, tanto na questão de custo com os materiais, como nos investimentos em pessoas*”.

No ensino médio, também se informa que existiria boa estrutura: “[A.R.]: *São poucas as escolas [da região a que pertence o NTE onde trabalha] que têm poucos micros. As principais têm laboratórios com 12 a 17 microcomputadores, o que dá perfeitamente para trabalhar com 2 ou 3 alunos por computador. O equipamento mais simples em que nós rodamos [Carbópolis] foi um K6-2, 250 Mhz e 32 MB RAM e rodou rápido. O software não é muito pesado, então não tem porque dar problema nesses equipamentos. No núcleo nós temos 26 computadores à disposição dos professores e alunos. (...). No caso do Carbópolis não apresenta nenhum problema nos micros mais antigos mesmo, como é o nosso caso. Da rede os mais antigos são os nossos, que são micros de 99*”.

Ainda outro exemplo em escola pública estadual: “[A.R.R.]: *A minha escola tem boa estrutura na área de informática. Está construindo um laboratório para 180 máquinas, que vão ser doadas pelo Ministério da Educação. A estrutura já está pronta.*

As bancadas já estão todas prontas, as seis salas já estão prontas. (...) Depois que isso estiver pronto, a gente tem um projeto de instalação de cursos de informática para os alunos”.

Entretanto, cabe questionar sobre as questões pedagógicas associadas naturalmente a infra-estrutura apontada pelos professores. Qual a percepção dos professores sobre essa estrutura disponibilizada? Qual o uso que fazem dela? Suas práticas pedagógicas são alteradas pela disponibilidade dos recursos informáticos?

Vamos começar por este depoimento: “[A.R.R.]: *A máquina ajuda. É uma ferramenta que ajuda para algumas situações. Mas ela não vai resolver o problema da educação. Porque a educação se faz no convívio. O conhecimento se faz no convívio, nesse dia a dia na sala de aula. É ali que a gente vai estabelecer o conhecimento. Armazenar o conhecimento numa máquina é muito simples. Agora, armazenar de modo que você possa transformar um jovem, um adolescente em um cidadão melhor em termos de conhecimento, só no convívio do dia a dia. É uma ferramenta para o professor. (...) Computador é uma ferramenta do professor, até do aluno. (...) Os professores na escola consideram que a informática deve ser colocada como uma ferramenta de trabalho, não como o todo do trabalho”.*

Aqui, é importante que se tenha presente que ainda não superamos o desafio de usar um laboratório de ciências ou de química, de física e de biologia (Hodson, 1994; Rosito, 2000). Nesse tipo de laboratório a formação do professor é muito menos deficiente. Além do mais, eles são mais simples em termos de manutenção e de funcionalidade. Dessa forma, é possível que, ao utilizar os laboratórios de informática, cometam-se os mesmos equívocos epistemológicos associados às práticas dos laboratórios de ciências, onde, por exemplo, a racionalidade técnica ou o empirismo-indutivista costumam ser os norteadores do ato pedagógico. Entretanto, a complexidade das práticas laboratoriais transcende tal reducionismo que, muitas vezes, está presente nas atividades desenvolvidas nos laboratórios de ciências (Borges, 1996; Maldaner, 1999 e 2000; Praia e Cachapuz, 1994; Schön, 2000). Então, qual é a ênfase a ser dada à utilização dos computadores na escola? Há alguma preparação para esse cenário?

Nesse sentido, os depoimentos não parecem tão bons quanto foram os que se referiam a infraestrutura, por exemplo: “[M.F.]: *No ensino médio, (...) eu acho que não tem ninguém que trabalhe com isto, (...) fazer análises, trazer programas. Neste ponto eu posso dizer que não tem incentivo. Incentivo no sentido de que a equipe técnica, que são supervisoras, chamem por exemplo, os professores do ensino médio: “Bom, agora a gente vai começar a estudar isto!”. Como já foi feito com outras áreas, como já foi feito com parâmetros curriculares, como já foi feito em cima dos planos de estudo. (...) Eu acho que é uma questão de tempo, provavelmente, mas ainda não houve isto (...) que é uma maneira de as pessoas começarem a procurar como fazer. Quem vai fazer? Quem se interessa? Como noutras escolas, (...) por lá não existe ainda, mas existe sim “vamos usar as máquinas!”. Por isso que eu te disse que tem gente que (...) ao final do ano, quando é feita (...) a avaliação do professor, uma das perguntas é: “Tens usado o laboratório de informática?” [Os diretores, os supervisores] Exigem [que o professor use o laboratório de informática da escola]! Mas não importa para que tu vais usar, pode ser para qualquer coisa, mas tem que ser usado! Só por isso que eu vejo, assim, que muitas vezes os professores tem até só os programas das editoras e aí tem que levar [os alunos] uma vez no semestre. Tu vais, leva para trabalhar com tabela lá da FTD⁴...”.*

⁴ Tabela Periódica, Martha Reis, Editora FTD. Esse software é amplamente distribuído e, por vezes, criticado em função das atividades pedagógicas subjacentes a sua concepção. Para o mesmo conteúdo existem outros programas que se valem de abordagens pedagógicas diferentes e que são mais

2) *Os contextos de efetiva utilização do Carbópolis na escola.*

Há professores que utilizam a estratégia de que cada aluno desenvolva o trabalho livremente, a seu próprio ritmo. Nesse caso, assim indicam: “[M.F.]: (...) *vai lá e mexe, depois a gente volta e dá uma geral. (...). Elas chamam, elas comentam - eu estou dizendo ‘elas’ porque esse semestre só tem professoras [alunas de magistério] – “ah, mas eu não estou entendendo como é que eu faço”, “eu quero fazer uma análise mais não aparece ali (...), “como é que eu faço a análise?”. Então aí eu vou ajudando e depois a gente comenta. E aí eles me dizem o que eles acharam, o tempo que eles acham que precisa, quais são as vantagens e possibilidades de aplicação, o que impossibilita a aplicação de programas de modo geral, inclusive o Carbópolis. Ah! Ele é muito complicado para esses espaços que tem na escola, de um período ou dois (...) com três períodos dá para fazer. Porque um período é só para olhar. Fazer as entrevistas, e clicar aqui e ali, para conhecer! Eu acho que os alunos que já estão mais acostumados com o computador, eles se viram melhor. Grande parte (...) dessas minhas alunas do magistério não mexem. Só mexem lá no colégio e mais os processadores de texto. Então, nada elas fazem sem eu estar junto”.*

Essa professora continua argumentando sobre a motivação pelo tema. Ela considera que isso depende do curso do aluno e de sua ênfase, onde parece não haver tanto espaço no ensino tradicional, propedêutico: “[M.F.] *Para um curso de magistério é ótimo. Para uma turma de terceiro ano, se preparando para o vestibular, o interesse é pequeno. Com alunas do magistério, porque é um tema que o professor de primeira à quarta série trabalha, com a questão ambiental. Então seja o que for, qualquer caminho que tenha, revista, programas de informática livre, que falem disso, eu sempre trabalho. (...) Agora, por exemplo, eu tenho terceiros anos (...) e lá é uma escola que trabalha fundamentalmente (...) [para] preparar para o vestibular. Então, aí eu levei meus alunos numa ocasião, um terceiro ano - porque eu trabalho combustíveis com eles - para mostrar. Eu vi que eles (...), que passou um período e eles já estavam saindo e entrando na internet. Eles diziam: “Ah professora, não! Isso não cai no vestibular! Não vai cair para gente fazer análise de água no vestibular!”. Então, eu não achei uma boa experiência, talvez porque eu tivesse trabalhado no segundo semestre, que as coisas de vestibular estão mais perto ainda”.*

Vamos mudar de contexto, permanecendo com a idéia de evidenciar diferentes realidades. Existe uma vivência que pode ser muito interessante para análise, pois as condições de utilização de *Carbópolis* não seriam as mais favoráveis. Dizemos isso porque a professora que fez uso do software o fez à época de seu estágio curricular, momento em que o licenciando se desestabiliza diante da experiência nova e tende a procurar usar propostas pedagógicas que lhe pareçam mais familiares, normalmente encontradas no ensino dito tradicional. Entretanto, a professora ousa e diz: “[C.S.]: *No estágio a gente procura uma aula bem diferenciada, nunca aquela aula tradicional de professor e quadro-negro, com os alunos copiando. Então, sempre é uma aula bem diferente. Por isso é que o software veio bem a calhar*”. É provável que este relato da professora esteja caracterizando uma situação exemplar de sala de aula, pois o trabalho se diferencia possivelmente em função do público alvo, do seu orientador do estágio, do curso onde ela fez seu estágio, o que determina uma diferenciação singular ao senso comum das concepções sobre estratégias de formação de professores.

Além disso, há de se considerar que essa professora não trabalhara com qualquer tipo de software educacional e alguns dos seus alunos não sabiam mexer com computadores. Mesmo assim, ela avaliou sua experiência positivamente e nos conta:

“[C.S.]: (...) eu acho uma boa (...) porque primeiro tu botas o aluno em contato com o computador e (...), segundo, tu vais aplicar os conhecimentos em sala de aula usando a informática. Então eles vão aprender as duas coisas ao mesmo tempo: a mexer com computador e aprender, no caso, (...) a química. E para mim foi muito válido porque os alunos não sabiam mexer no computador. Então eu tive que começar desde as regras básicas de como mexer no mouse, ligar o computador, para daí poder usar o software. Mas mesmo assim, apesar de todos essas dificuldades que tive, eu consegui trabalhar. Então mostra que ele é bem didático (...). Esqueci de falar: todos tinham uma idade mais avançada, eram pessoas bem adultas. Eu tinha alunos de setenta anos. (...). No mínimo tinham uns trinta (...) e eles não trabalham com informática, a maioria nunca tinha colocado os dedos no computador e (...) foi bom.”

Vamos abrir um parêntese para mostrar que a idade, entretanto, não é o único fator que justificaria a pouca familiaridade com os computadores. Um dos professores considera de grande importância o oferecimento de atividades dessa natureza, uma vez que “[A.R.R.]: Alguns alunos sabem, outros não sabem nada. (...). Há alunos mais privilegiados que até têm computador em casa. Mas há muitos no estado [nas escolas estaduais] que nunca viram um computador na sua frente. E aí não dá, como trabalhar assim? Eles não sabem nem ligar a máquina. (...). Então a escola tem que estar adaptada para isso também. Nas escolas particulares, nas escolas privadas, normalmente eles têm laboratório. E os alunos já estão familiarizados com a máquina. A grande maioria tem em casa”.

Voltando à professora C.S., ela descreve um pouco a orientação de suas atividades e a integração com outras alternativas didáticas na abordagem dos conteúdos. É possível notar, aqui, que a preocupação não é propedêutica, por isso o ensino é voltado mais à formação do que à informação. “[C.S.]: Nas aulas da quarta, que eram as aulas da química, eu tinha trabalhado funções ácidas e básicas, depois trabalhei chuva ácida. Então eu puxei o gancho dessa parte da chuva ácida, química e meio ambiente, para iniciar minha atividade diferenciada (...). Eu comecei trabalhando várias reportagens de jornais relacionadas à química e o meio ambiente, discuti com eles, depois numa segunda aula eu trabalhei aquele filme da “Erin Brokovich, Uma Mulher de Talento”, que falava da contaminação de água com cromo. Depois, então, eu iniciei com o Carbópolis. Nas outras aulas eu falei para eles que era um programa (...) [que] apresentava um problema de poluição ambiental, que era o que a gente vinha estudando e eles teriam que solucionar esse problema. Onde eles iam usar todos os conceitos que eles tinham estudado em aula. Porque (...) é até uma forma de eu ver se realmente aquelas aulas que eu estava dando nas quartas-feiras estavam sendo significativas, (...), até foi bom, para ver o quanto eles estavam entendendo ou não a matéria. Com três horas eu consegui fazer tudo assim, até eles escreverem (...)”.

É interessante notar que a professora finaliza sua fala ressaltando a atividade escrita. Entretanto, como veremos mais adiante, alguns professores reclamam da necessidade da leitura na utilização do Carbópolis. Portanto, desde já queremos registrar a opinião de um grupo de professores de português que defende que a leitura e a escrita devem ser um compromisso de todas as disciplinas escolares (Neves, Souza, Schäffer, Guedes e Klüsener, 1998).

Em relação à prática pedagógica da professora C.S., não se pode dizer, por certo, que não exista uma integração conceitual subjacente a sua proposta. Não se pode cair na idéia fácil que propostas alternativas negligenciam a abordagem dos conteúdos curriculares. Voltemos, mais uma vez, à professora, que continua relatando sua experiência didática em que mescla diferentes estratégias de ensino.

No planejamento de suas ações, a professora fez uma forte relação com o tema chuva ácida. Esse tema foi desenvolvido, anteriormente, através de aula expositiva e de laboratório. Dessa forma, considera que isso foi essencial para que os alunos tivessem compreendido o assunto do qual trata o software. Assim, ela nos diz: “[C.S.]: *Se eu não tivesse dado aquela aula antes sobre chuva ácida, talvez eles não iam conhecer. Mas como a gente já vinha falando sobre chuva ácida, ficou mais concreto porque a gente fez aquela prática do enxofre⁵, que tu tens enxofre e produz ácido sulfúrico. Daí tu mostras que aquele é exatamente o processo de formação da chuva ácida. Daí a gente testou esse ácido sulfúrico que a gente obteve com várias substâncias: concreto, com bombril, (...). Então eles conseguiram ver a parte (...) dos efeitos da chuva ácida. Porque, embora se fale em chuva ácida, o efeito é muito demorado. (...) eu acho que isso ajudou muito na hora de trabalhar com o software*”.

Outro professor, também, comenta a relação entre o laboratório de ciências e o laboratório de informática, mostrando sua opinião sobre tal articulação e como *Carbópolis* entre nela: “[A.R.]: *O que nós havíamos pensado era na química do meio ambiente. E aí tu trabalhas com gases, noções de pH, mostras inclusive alguns destes equipamentos de análise⁶. Nós trabalhamos isso no segundo ano. Existem várias atividades que nós fazemos em sala de aula normal, atividades no laboratório de ciências e também no laboratório de informática. Alguns dados são coletados no laboratório de ciências. Eles vão lá para o computador e fazem com o uso de planilha, a elaboração de gráficos, a representação de resultados das experiências que fizeram no laboratório de ciências e certas coisas que nós não podemos fazer no laboratório de ciências que, por exemplo, o *Carbópolis* oferece: uma análise do ar principalmente. Nós não temos recurso para isso no laboratório de ciências e o *Carbópolis* simula bastante bem para nós*”.

Além disso, o professor aponta uma relação com o cotidiano do aluno, quando relata: “[A.R.]: *A questão do ar e da água é uma das coisas que os alunos acabam fazendo por livre e espontânea vontade porque ficam bastante envolvidos com essa questão. Eles trazem amostras de água de poço. Na escola em que eu trabalho, a comunidade ainda utiliza bastante isso. Muita gente não utiliza a água fornecida pelo governo com o saneamento básico, é do poço. Água da chuva, também. E eles levam suas amostras para análise no laboratório de ciências. Eles vêem o pH, porque que fica desse jeito, se está lavando a roupa ou não, que é uma coisa interessante que acontece, na nossa região. Tem alguns lugares que a água é ácida, tem alguns lugares que a água é alcalina, inclusive com elevado nível de dureza⁷. Então eles se envolvem bastante com isso*”.

Do que até agora foi escrito, pode-se pensar que o software *Carbópolis* tem sua utilização restrita as aulas de química. Portanto, é útil ressaltar as articulações interdisciplinares que são possíveis a partir de sua utilização, mesmo que elas possam ser consideradas de difícil execução.

⁵Atividade experimental na qual se reproduz as condições de formação da chuva ácida, a partir da queima de enxofre em frasco fechado contendo água, descrita por Marcondes e colaboradores (1995) e Cardoso e Franco (2002).

⁶O software contém figuras e textos que descrevem instrumentos espectrográficos para análises físico-químicas, como o infravermelho e o ultravioleta.

⁷Muitas vezes a água contém cátions que interferem na ação de sabões e detergentes. Os sabões são sais de ácidos orgânicos e cátions metálicos. Quando dissolvidos em água, a parte orgânica é responsável pela ação limpante do sabão. Quando a água contém cátions como Ca^{2+} , Mg^{2+} e Fe^{2+} , estes podem precipitar o íon orgânico resultando em um sabão insolúvel. A água dotada desse tipo de contaminação é conhecida como água dura. (Russel, 1994)

O termo interdisciplinar, seus similares ou derivados, é bastante usado para descrever práticas pedagógicas, entretanto sua significação nem sempre é clara. Pode-se, por exemplo, perceber que a interdisciplinaridade é um conceito que pressupõe e necessita de disciplinas para existir. Ela se configura como uma relação entre tais disciplinas, sem, no entanto, alterar seus campos iniciais de ação e, nesse sentido, a questão do corporativismo é uma demonstração do não reconhecimento dos conceitos teóricos e suas possíveis aplicações.

Esse desentendimento conceitual fica evidente quando os pesquisadores se remetem aos problemas de uma aplicação no universo acadêmico ou escolar. Tais problemas referem-se às dificuldades de integrar pessoas e não disciplinas. O impedimento de um projeto interdisciplinar não está especificamente nos conteúdos acadêmicos e suas possíveis inter-relações, mas no conhecimento dos docentes e sua capacidade de entender e perceber as inter-relações. Na licenciatura e nos cursos de formação continuada de professores a discussão interdisciplinar não é efetivada. Existem propostas de uma abordagem sem atentar para a importância do significado dessas integrações conceituais nas diferentes disciplinas.

As alternativas existem e a interdisciplinaridade é possível desde que se entenda que ela constitui formas integradoras das quais se conhecem algumas dificuldades de aplicação, bem como, alguns eixos iniciais em que se possa basear a sua construção. No entanto, tais discussões ainda se mantêm no nível acadêmico, e mais especificamente, na pesquisa acadêmica (Zucolotto, Santos, Guterres, Loguercio e Del Pino, 2003).

Isso não poderia ser diferente com *Carbópolis*, uma vez que o software aborda um tema de análise ambiental, que em sua própria natureza é um campo que rompe as fronteiras disciplinares (Tauk-Tornisielo, Gobbi e Fowler, 1995).

Essa relação pode ser evidenciada na fala dos professores, por exemplo: “[A.R.R.]: *O Carbópolis entrou na minha aula porque eu faço um trabalho grande de ecologia junto com os professores de geografia e de história. A gente tem um projeto interdisciplinar: química, geografia, história e biologia. Então, a gente adaptou essa idéia de trabalhar bastante a ecologia e a gente culmina ele com o Carbópolis. O professor de história trabalha toda a região correspondente, que seria aqui Charqueadas⁸, a nossa região carbonífera toda aqui. O professor de geografia faz as localizações, faz os mapas, faz a contextualização. Normalmente é o mesmo professor. E a professora de biologia entra com toda a parte (...) biológica da região. E eu, como químico, entro com os efeitos correspondentes da chuva ácida, do efeito do pH e essas coisas todas, principalmente quando a gente está trabalhando funções inorgânicas. E aí a gente entra, para culminar o nosso trabalho com o (...) Carbópolis. A gente fecha o conhecimento sempre com isso aí. Já faz três anos que a gente está aplicando [essa proposta]”.*

Na parte de química, o professor descreve melhor sua inserção nessa proposta de ensino e, também, mostra a integração com outras atividades didáticas. “[A.R.R.]: *Antes de trabalhar o Carbópolis (...) a gente trabalha alguns assuntos de ecologia, (...) tipo chuva ácida, efeito estufa, poluição. (...) Aí depois a gente entra com o conhecimento do Carbópolis. Antes eles não vêem. Primeiro a gente faz esse trabalho todo. Inclusive a gente trabalha alguns assuntos de pH com as turmas de 1º ano, sem entrar no formulário de pH. Só o conhecimento correspondente de pH. Quando é ácido, quando é básico, quando é neutro. O conceito básico da situação. Para ele ter idéia para quando chegar lá e aplicar o Carbópolis e tiver que fazer as análises ele já saber o que está havendo lá em termos de pH. Então, primeiro se precisa fazer um trabalho todo antes*

⁸ *Carbópolis* foi adaptado de outra situação real, de Candiota. Ambas as cidades ficam no Rio Grande do Sul.

de aplicar o Carbópolis. Ele tem que passar, por exemplo, até por uma visita à estação de tratamento de água a céu aberto que fazem em Ipanema, na ETE⁹, (...) porque lá existe um tratamento (...), fazendo a purificação da água só por fotossíntese. Ele precisa ter todos esses conhecimentos. Não se pode largar na mão do aluno. Ele precisa de orientação”.

Mas, a interdisciplinaridade pode empolgar tanto que pareceria que tudo é possível, a partir de tudo. No entanto, já apontamos algumas dificuldades para alcançar tal objetivo. Vejamos: “[M.F.]: Não sei se no início foi por aí a intenção de seguir o Carbópolis, que é todo na abordagem da interdisciplinaridade. As escolas estão exigindo isso dos professores e ele, eu acho que, expressa muito isso. Não sei nem o que ainda tem de caminho, mas até com a matemática pode entrar num projeto interdisciplinar que envolva as disciplinas que estão ali. (...). Essa minha aluna que trabalha no ensino fundamental que comentou: “Ah, eu tenho que trabalhar para conseguir projeto interdisciplinar”; e eu pensei que esse programa tem a questão do português. (...) Tem a parte das entrevistas, das falas das pessoas, que dá para montar (...). Eu acho que essa é uma coisa, assim, que dá uma atualidade para o programa e aí se tu contares ainda mais o que está aí, pelos parâmetros curriculares, dentro do sistema educacional (...)”. Por isso que, muitas vezes, diz-se que os rompimentos das fronteiras disciplinares ficam na esfera do discurso e a realização de seu projeto se torna ineficaz ou não efetiva.

Finalmente, depreende-se dessas falas uma tendência recorrente em utilizar temas geradores para desenvolver determinados conteúdos pertencentes à base curricular da escola.

O conceito de tema gerador faz parte da pedagogia da autonomia de Paulo Freire (1996). O tema gerador pode ser entendido como o assunto que centraliza os processos de ensino e de aprendizagem, sobre os quais acontecem os estudos, pesquisas, análises, reflexões, discussões e conclusões (Corazza, 1992). Portanto, as atividades desenvolvidas com *Carbópolis* parecem surgir como um desencadeamento ou, principalmente, como uma conclusão do tema abordado pelos professores.

3) *Algumas críticas ao software Carbópolis, as dificuldades de sua utilização e as reflexões que se fazem necessárias.*

Como foi abordado na introdução, a proposta pedagógica de *Carbópolis* está referenciada na proposição de situações problemas. A solução de tais situações envolve investigação, que passa pela proposição de hipóteses. Dessa forma, pode-se dizer, que há, ou deve haver, por parte de professores uma familiaridade com a investigação científica, com seus métodos, com a postura do investigador pela busca, pela procura.

No decorrer da solução do problema apresentado no software, o aluno vivenciaria uma estratégia científica, a análise ambiental, podendo aprender sua marcha analítica. É nesse sentido, que compreendemos que as estratégias de ensino em ciência se constituam edificadoras da educação científica do cidadão.

A diferença do projeto pode ser evidenciada na opinião dos professores, por exemplo: “[M.F.]: Ah, eu acho que não tem comparação com os que têm por aí. Inclusive com os que eu te falei, que são considerados bons, que eu conheço e que são pouco atrativos, como aquele Rutherford¹⁰, feio mesmo! Esse [Carbópolis] tem essa coisa de ser de boa qualidade, de ser interessante, poder interagir, ser atrativo, ser bonito. (...). Tu pára ali na frente e fica curiosa para descobrir como funciona. (...). É

⁹ Estação de tratamento de esgoto, ETE-Ipanema. Departamento Municipal de Água e Esgotos (DMAE), de Porto Alegre.

¹⁰ Rittenhouse, R.C.; Journal of Chemical Education.: Software 1992, VB 20. Outras informações sobre atividades de ensino com esse software podem ser obtidos em Eichler e Del Pino (2000b).

interessante porque é diferente dos outros, porque ele faz pensar. Porque ele não é só de pesquisa, que os professores conhecem muito, aquele programinha de tabela periódica¹¹ (...) [onde] tu clicas em cima do elemento, ele vai lá e te diz número atômico, tu sabe? O programa é como se tu pegasses um livro e fizesses uma pesquisa. E esse [Carbópolis] programa não. Tu desenvolves uma série de coisas e que te prendes na frente da máquina. Ele se diferencia (...)”.

Entretanto, o que pareceria uma vantagem é, também, posto em crítica: “[M.F.]: *Isso é o problema do Carbópolis, na minha opinião. Como o objetivo dele não era ser alguma coisa assim, um tanto marcado como os outros programas que já está ali, “Bom, você errou ,vá para...”*. Não é esse o objetivo. O objetivo mesmo é de interagir com o programa, de criar caminhos. O Carbópolis tem isso. O aluno cria o seu caminho. Não tem um caminho que: “Bom, tu não passaste por essa etapa, tu não vais para a seguinte”. Mas esse eu acho um problema”.

É interessante tal dualismo na posição da professora. Assim como ela indica as dificuldades, por exemplo, a pouca diretividade, ela considera isso como algo positivo no programa. Isso é desejável, mas é difícil. Haveria alguma alternativa satisfatória para a modelagem de softwares educacionais voltados para o ensino de ciências?

Uma das alternativas que os professores indicam é ampliar o sentido lúdico dos softwares. Com frequência, esse sentido é tomado como uma recomendação para o aprimoramento de *Carbópolis*. Vejamos como os professores manifestam isso: “[A.R.]: *A idéia do software, que eu vejo, é de um jogo. Um jogo que tu exploras num determinado ambiente, só que para a pessoa entrar no jogo ela precisa se ver dentro dele*”. Ou, mais explicitamente: “[A.R.R.]: *O professor que está lá orientando sempre orienta para ele [o aluno] fixar: “ah, faça assim”, “é por aqui”, “segue o passo tal”. Mas se fosse mais..., não tão rebuscado, eu acho que seria melhor para ele. E de repente, eu não sei se no final, não se pode até fazer o relatório como se fosse um joguinho com alguma coisinha ali para que fixasse mais ainda a atenção dele. Para se tornar mais divertido. Não digo mais divertido, mas mais atrativo e não ficar aquela coisa, assim, dentro de um padrão só. Ele é bom de mexer. Mas ele poderia melhorar. Poderia ser mais acessível. Até nas informações, para mexer, para voltar, para buscar, colocar mais alguma coisa para fazer”*.

Na tentativa de minimizar os problemas apontados, os professores sugerem alternativas de concepção da modelagem do programa, aproximando-o do jogo. Essas alternativas, a nosso ver, ou desqualificam a proposta presente no software ou são de difícil execução em termos de programação. Vejamos uma das opiniões dos professores, “[A.R.]: *É um tema que causa motivação, só que seria interessante que a situação problema, em si, fosse possível que o software mudasse. (...) Tu usas uma vez aquele software e já está resolvido o problema. Eu sei o que vai acontecer da próxima vez que eu for utilizá-lo. Seria interessante que ele pudesse criar situações novas e não apenas dos gases que estão sendo liberados, (...) ou fossem outras situações do meio ambiente também que seriam bastante interessantes. Até a posição, lá está a mina num lugar, a usina num determinado lugar, a plantação de soja, a cidade... Quem sabe poderia mudar os lugares deles para se ter outras possibilidades de interagir. Como é que o aluno iria interferir, interagir com aquele software se os pequenos ambientes, aquelas pequenas regiões que têm ali trocassem de lugar? Ele teria uma linha de raciocínio de explorar da mesma forma que está hoje?”*

Entretanto, esse mesmo professor reconhece que as críticas sobre as dificuldades com o uso do software podem ser do ponto-de-vista do professor. O estudante pode ter uma outra interpretação. Vejamos a sua interessante comparação com um jogo bastante

¹¹ Tabela Periódica Eletrônica dos Elementos Químicos 1.0 – Maxwell Guimarães de Oliveira.

conhecido, “[A.R.]: *É claro, tem que se tomar um certo cuidado, porque isso é um trabalho da visão dos professores, que quando mexem nele têm certa dificuldade. Mas eles normalmente têm dificuldades na maior parte dos softwares. Enquanto que se fizermos uma comparação com o SimCity¹², que é um software que vai na linha um pouco parecido. O SimCity também é extremamente complicado para adultos, mas as crianças e adolescentes mexem com bastante facilidade. Isso é fato*”.

Sem dúvida, o jogo é um atrativo a mais para o aluno, como também pode ser um filme ou uma visita a um museu de ciências. Entretanto, a motivação lúdica não é condição necessária tão pouco suficiente para a aprendizagem, muito pelo contrário pode ser um obstáculo à aprendizagem por desviar o foco do aluno e obliterar sua atenção na tarefa da aprendizagem.

Nas experiências em ensino de ciências, pode ser citada uma outra alternativa que guarda um paralelo de potencialidade, mas também de advertência, com a estratégia do jogo. Muitas vezes, pretende-se relacionar o ensino de ciências com o cotidiano do aluno. Entretanto, em geral, as abordagens conceituais que estão disponibilizadas nos livros didáticos costumam ser superficiais em suas explicações sobre o fenômeno cotidiano a ser estudado (Peruzzo e Canto, 1998; Fonseca, 2001). Nesses livros, o tema do cotidiano é geralmente apresentado como um exemplo complementar e não como uma estratégia de problematização para a aprendizagem dos conceitos que podem ser mobilizados para a sua explicação ou solução.

Vamos aproveitar outras duas manifestações, que seguem a mesma linha da apontada pelo professor A.R., para explicar alguns dos objetivos de nosso projeto que não são, ainda, de conhecimento dos professores. Então, vejamos a primeira: “[L.K.]: *De repente ele [o Carbópolis] poderia ter vários, de poder optar assim por vários caminhos diferentes. Ou problemas diferentes. Poder optar assim, opção 1, opção 2 e opção 3. Cada opção tem uma resolução diferente. Não sei, é uma projeção. Mas assim, eu achei o programa bem legal só que vocês poderiam abrir ele mais. De repente ter várias resoluções*”. A segunda recomendação é mais explícita: “[A.R.R.]: *E eu até acho que (...) no software deve-se colocar (...) um mapa da região correspondente. (...) E dizer onde é a região realmente. E colocar um mapa do local, do município correspondente. Por que onde isso fica localizado, por exemplo dentro do nosso Estado. A minha sugestão, é que na reorganização do Carbópolis, se vocês forem fazer isto, que vocês perguntem, trabalhem com o pessoal de outras áreas, da história, da geografia, da biologia, repassem este roteiro e coloquem cada um deles para ver que tipo de opinião eles podem dar. (...) Que tipo de história é importante àquela região da história do Rio Grande do Sul*”.

Novamente, aparece a questão interdisciplinar, mas dessa vez se quer que ela seja tematizada através de problemas reais, particulares, exemplares e de relevância para uma certa comunidade, no caso, a gaúcha. Na introdução, citamos que *Carbópolis* é o primeiro produto de um projeto. Esse projeto contou e conta com a participação de uma equipe de colaboradores de diversos saberes, incluindo aqueles que comenta o professor, como a geografia (Gonçalves, Eichler, Del Pino, 2002 e 2003). O tema geral do projeto é os meios de produção de energia elétrica e seus impactos ambientais e sociais. Atualmente, estamos desenvolvendo outros produtos desse projeto, que foi por vezes freado por motivos que abordamos em outro lugar (Eichler e Del Pino, 2001).

¹²SimCity é um jogo onde o usuário é o presidente da câmara da sua própria cidade e é da sua inteira responsabilidade fazê-la crescer, sobreviver e se desenvolver. O objetivo é destacar áreas específicas para uso comercial, industrial e residencial, fornecer eletricidade e água e construir estradas. Todas essas tarefas devem ser cumpridas dentro do orçamento da cidade. Sítio oficial: <http://simcity.ea.com/us/guide/>

Entretanto, lidar com a realidade dos temas que são abordados, conforme sugere o professor, envolve outras variantes que dificultariam ou mesmo tornariam impossíveis a modelagem de uma simulação com o objetivo educacional. O problema que *Carbópolis* aborda foi adaptado de uma situação que ocorre no estado do Rio Grande do Sul (Fiedler e Solari, 1991; Fiedler, Martins e Solari, 1990). Mas isso não se fala no software e nem poderia se falar. Um dos motivos, não se quis – e nem poderia ser assim com os financiamentos públicos que foram concedidos para o desenvolvimento do projeto – particularizar o tema com os problemas de uma ou outra região do Brasil com a produção de energia elétrica. Se fosse assim, qual seria o interesse de um aluno, por exemplo, de Pernambuco, do Espírito Santo ou de São Paulo¹³ em usar esse software? A esse motivo se relaciona um outro, que é o de orientação pedagógica.

No campo da informática educativa, a estratégia pedagógica de pequenos projetos de investigação (Fagundes, Sato e Maçada, 1999) praticamente aparece como uma solução viável para o ensino fundamental. No entanto, entendemos que quando os conceitos são muito formalizados, abstratos ou complexos, são recomendáveis estratégias de solução de problemas e simulações antecedendo o desenvolvimento dos projetos. Dessa forma, compreendemos que o complemento ideal da utilização do software é o estudo da realidade de que nos fala o professor A.R.R., sendo a estratégia recomendada para esse estudo o desenvolvimento de um pequeno projeto de investigação.

No caminho das estratégias pedagógicas de solução de problemas ou de projetos de investigação é que procuramos desenvolver um amplo hipertexto para o que chamamos de *Biblioteca de Carbópolis*. A envergadura desse hipertexto é reconhecida pelos professores, por exemplo: “[M.F.]: *Eu acho que tem um material riquíssimo de pesquisa. Para os professores, eles acham ótimo. A opinião deles é que tu podes montar até uma aula com esse assunto e indo para o Carbópolis*”. Outra professora faz consideração semelhante, “[C.S.]: *Está muito bem detalhado. Até aquela parte da biblioteca, (...), pode usar ela não só na hora em que está trabalhando com o programa, mas para conhecimento, quando tu queres preparar uma aula sobre chuva ácida. Ali tem muito recurso*”. Justamente são esses recursos que chamam à atenção a possível intervenção do professor, “[A.R.]: *Ela é complexa, porque ela aprofunda (...). Então aí entra a parte do professor, do conhecimento do professor. A biblioteca não vai se resolver por si só para um aluno. Um aluno lendo aquilo lá, aquelas informações, ele tem as informações, mas acontece que elas estão distantes da realidade dele, da realidade visível, concreta. Mas pode ser perfeitamente relacionada com o que ele está experimentando na sala de aula e com o laboratório de ciências, que apesar de o que nós fazemos lá no laboratório de ciências não seja visualmente igual àquele equipamento ligado ao computador que mostra na foto¹⁴, o princípio químico está lá*”.

A ferramenta de hipertexto envolve uma leitura que possui características diferentes daquela dos livros. O encadeamento dos tópicos abordados não é linear, como no livro. Na concepção do hipertexto seguimos o princípio da informação necessária e redundante. Ou seja, as informações principais para a solução do problema são apresentadas em mais de um tópico e de maneiras diferentes. Isso foi feito para que o usuário, através de seus diversos possíveis projetos de leitura, pudesse se deparar com as informações necessárias para resolver o problema apresentado no software.

Não importa o suporte, papel ou digital, a leitura é um motivo de polêmica. Portanto, talvez seja o hipertexto a parte do programa de menor atratividade para o

¹³ Citamos alguns estados de onde já recebemos e-mails de professores que utilizam o software com seus alunos.

¹⁴ Ver nota 7.

aluno. Possivelmente, porque ele não tem o hábito da leitura linear, quanto menos hipertextual. Seus hábitos com os computadores podem ser outros, por exemplo, usar a Internet para jogos ou para fazer leituras superficiais para trabalhos escolares, em que busca figuras, recorta e cola textos. Uma das professoras assim avalia: “[M.F.]: *Eles não vão muito na biblioteca. Eles não querem passar por aquilo ali. Eles querem é ver. Ver como é que funciona o programa e mexer. (...) Isso é uma coisa, assim, que eu noto que aluno do ensino médio não faz. Ele não vai tentar resolver o problema. Ele dá uma passeada pelo programa. O que eles chegam a conclusão é, assim, onde está mais poluído. Porque? Isso eles vêem, assim, “bom, tem a questão dos ventos...”, pegam pelas entrevistas. (...) Então eles olham na região, onde fica, perto do que. Fazem muito mais pelo mapa. (...) Vão pegando então as entrevistas, eles vão localizando [no mapa] as entrevistas e aí, pelo lugar, pelos ventos eles vêem: “bom, qual é o problema?”.* Mas sem fazer essa parte aqui de relatório e de análise. (...) Eu acho que é uma questão de uma cultura da informática, que é com os jogos. (...) Onde entra no hipertexto é como se eles pegassem um livro, que é a mesma resistência que eles têm quando vão à biblioteca. Aí é aquela coisa: “eu faço em casa”, “deixo para depois”. Parece que ali não é o ambiente para fazer isso. E na informática eu vejo exatamente isso. Raramente eu vejo um aluno ali no hipertexto para fazer pesquisa”.

A professora nos fala que o aluno passeia pelo programa e pelo hipertexto e, justamente, por esse passeio que se manifesta a eficácia do princípio da informação redundante na construção dos hipertextos. Como foi possível demonstrar em outro lugar (Eichler, 2000), as próprias figuras que são incluídas nos hipertextos servem como sinalizadoras da atenção do aluno menos paciente, que tende a ficar mais tempo nos tópicos do hipertexto que apresentam figuras, e podem ajudá-lo a elaborar o conhecimento necessário para a solução do problema.

Entretanto, a crítica a leitura não é uma situação geral. A professora que trabalhou o software com jovens e adultos trabalhadores nos diz o contrário: “[C.S.]: *Eles ficavam muito tempo lendo aquilo ali e isso atrasava, porque eles gostam de ler, são muito detalhistas. Então eles ficavam lendo tudo que tinha, passavam para outro, voltavam e daí perdia muito tempo. Por isso que talvez eu não tenha acabado [de desenvolver a atividade com os alunos]*”.

Os apontamentos que os professores fazem em relação aos textos envolvem, ainda, a questão da linguagem, que alguns consideram inadequada para jovens com nível de escolaridade básica. Vejamos algumas opiniões: “[C.S.]: *A linguagem é talvez (...), algumas coisas estão num nível muito alto, assim, bem elevado. É que há coisas que eles não entendiam. Muito técnico. (...) Eles me chamavam, para explicar (...). A linguagem poderia ser um pouco mais acessível*”. “[A.T.]: *Eu dei uma olhada no programa e eu achei que ele seria mais apropriado para o nível de segundo grau. Porque as explicações que ele dá sobre os poluentes, as reações químicas, são de um nível mais avançado. Então por isso que eu selecionei os alunos mais interessados. E alguma coisa eu comentei, expliquei, alguma coisa que eles não tinham visto. Porque a gente não aprofunda tanto, no primeiro grau. (...) Eles chegaram a ver reações químicas. Eu falei inclusive das reações do enxofre, do nitrogênio, mas não tão aprofundadamente. Da parte de química da 8ª série eu entro em reações químicas e como nós estamos num nível de 1º grau, a gente estimula muito a questão do cotidiano*”.

Porém, a própria visão do que é adequado para o ensino médio é matizada e variável nas opiniões dos professores. Há quem se posicione criticamente em relação aos conteúdos selecionados para o hipertexto, “[A.R.R.]: *O Carbópolis precisa ter algumas noções mais adequadas ao ensino médio. Precisa estar um pouquinho mais*

dentro dessa realidade. Até com alguns termos que não sejam tão técnicos. A linguagem pode ser menos técnica para o aluno de ensino médio. (...). Tem muitos conhecimentos, ele está cheio de informações e a gente sabe do ensino médio ou do ensino fundamental, o aluno não gosta de ler. E ali tem que ler bastante, tu tens que passar em cima da máquina lendo. É um software que tem que ler bastante. Tu precisa pesquisar muito. (...) E os textos, como eu disse, serem mais curtos. Diminuir, não a quantidade de conhecimento essencial, mas muitas vezes as palavras. Reelaborar os textos”.

Novamente, o formato hipertextual deve ser comentado. Um hipertexto é produzido com a intenção de possibilitar diferentes percursos de leitura. Não se escreve um hipertexto para ser lido integralmente. Dessa forma, há uma superposição de tópicos na *Biblioteca de Carbópolis*. Alguns tópicos abordam os mesmos assuntos, sendo alguns mais resumidos e outros mais extensos. O leitor se apropria do que lhe parece mais significativo. Em outro lugar (Eichler, 2000) foi possível mostrar que, apesar da linguagem técnica presente em muitos tópicos do hipertexto, os alunos conseguem criar seus próprios projetos de leitura, elaborar hipóteses e resolver o problema proposto no software.

Parece evidente que o aluno que tem dificuldades com a leitura e com a linguagem, tenha dificuldades com a escrita. Isso é expresso nas entrevistas dos professores: “[M.F.]: *Eles não fazem (...) essa parte aqui [o relatório], eles não fazem, os meus pelo menos. Quando eu peço para eles fazerem (...) é uma coisa assim meio obrigatória: “Olha, tem um bloco de notas, vocês podem (...)”. Então se eu peço para eles tentarem me dar uma análise de pelo menos uma das localidades. (...) eles levam papel e escrevem ali do lado. Não usam o bloco de notas. (...) Na minha experiência não é uma questão de ser mais fácil, é uma questão de cultura. Nós temos a cultura de anotar no papel, ou pelo menos o que tu julgas mais prático na tua experiência. Na escola, o que a gente aprende é pegar um lápis ou uma caneta para rabiscar. Mesmo que aquilo ali não tenha um significado muito grande. A gente vai anotando alguma coisinha, é mais fácil. Não é só no Carbópolis, em outros tipos de programas que oferecem outros ambientes, que oferecem outros tipos de recursos, as pessoas não costumam utilizá-los”.*

Na situação de aprendizagem em que o software foi avaliado (Eichler, 2000; Eichler e Fagundes, 2001), os usuários não tinham um tempo pré-determinado para chegar ao final do software. Por exemplo, não havia o limite de dois períodos escolares para ele ser utilizado. Dessa forma, os usuários utilizavam as ferramentas de leitura e escrita conforme tomassem consciência da necessidade de sua utilização. Como é possível depreender das percepções dos professores, a utilização do software envolve uma ação de transposição didática. Se o professor escolhe trabalhar com esse programa em suas aulas, ele deve tomar decisões sobre a forma de utilizá-lo, se ele será mais ou menos diretivo na condução da atividade, se ele exigirá mais ou menos leitura e escrita por parte do aluno. Isso já foi apontado antes, neste artigo. Repetimos, pois entendemos ser necessário enfatizar que a prática docente é um exercício contínuo de transposição didática para aquela realidade de escola com a qual o professor lida no momento.

Por fim, há uma consideração por parte dos professores que enaltece uma das proposições iniciais de nosso projeto. Com a palavra, os professores: “[M.F.]: *Ele é free. Então isso abre possibilidade para as escolas, qualquer escola, mesmo que não tenha recursos para comprar programas, de poder trabalhar com isto”.* Como manifesta outro professor, esse é um dos critérios que pode ser utilizado para fazer buscas na Internet: “[A.R.]: *Eu coloco, por exemplo, “programa e química”, duas palavras-chave. Ou então, “software” e uma palavra que eu adoro escrever é “grátis”!*

Porque a nossa realidade é muito restrita em termos econômicos. Tu não podes colocar um software que seja de 50 reais ou 29 reais por micro, que algumas escolas não terão condições de comprar. Só se for um software excepcional. Então nós procuramos por softwares gratuitos que têm atendido bastante bem as nossas necessidades de trabalho”.

Conclusões

Talvez seja uma questão de princípios, mas em nossas ações formativas de professores sempre consideramos a diversidade e a gratuidade como princípios éticos de um grupo de investigação situado numa universidade pública. É possível pensar que, por essas razões, em nossos materiais didáticos trabalhamos com temas geradores como possibilidades de inserção nas estratégias de formação de professores e de estruturação de currículos comprometidos com a educação científica e cultural para a cidadania.

Como procuramos mostrar aqui essa diversidade se espraia pelas circunstâncias educacionais de utilização de *Carbópolis*, por exemplo: desde a formação inicial e continuada de professores até ao Programa de Ensino Médio de Jovens e Adultos Trabalhadores; e desde a reflexão do professor sobre suas necessidades de formação para analisar e utilizar softwares educativos até sua efetiva utilização numa proposta pedagógica disciplinar, ou em outra interdisciplinar. Justamente por isso, aproveitamos o contexto de avaliação da usabilidade do software *Carbópolis* para questionar o professor sobre temas mais amplos: educação científica, informática educativa, educação ambiental e formação de professores. O resultado das questões desses temas permitiu evidenciar que o uso do software educativo não se encontra no vácuo. Pelo contrário, tal uso faz parte da proposta curricular do professor, que engloba suas compreensões sobre, por exemplo, a ação docente e sobre a aprendizagem em ciências.

Durante o curso desse projeto, pudemos constatar mais uma vez o quanto as características pedagógicas de utilização de laboratórios de informática se assemelham àquelas do laboratório de ciências. No âmbito da didática de ciências, sabe-se que os laboratórios de ciências são uma importante estratégia metodológica, desde que os professores sejam capacitados para usá-los, possuam tempo para estruturar atividades experimentais que sejam significativas para seus alunos e que a escola viabilize a devida infraestrutura para a manutenção dessas atividades. Sem dúvida, a realidade é a mesma com os laboratórios de informática.

Na seção anterior, foi possível evidenciar exemplos de como a infraestrutura da escola é importante para possibilitar o adequado uso do laboratório de informática. Porém, isso não é suficiente, uma vez que a formação do professor e a disponibilidade de materiais didáticos compatíveis com a proposta curricular do professor são outros fatores a serem considerados na apropriação das novas tecnologias.

Em relação à continuidade desse nosso trabalho, podemos dizer que esta pesquisa nos proporcionou a oportunidade de conhecer os contextos de utilização e o aproveitamento do *Carbópolis* nos mais variados ambientes de aprendizagem contribuindo, dentre outros objetivos, para o aperfeiçoamento dos nossos próximos materiais didáticos, mais especificamente softwares educativos.

Consideramos também de fundamental importância as análises e reflexões que se efetivarão a partir da leitura das informações e discussões apresentadas neste artigo, uma vez que estamos mostrando “o que se pode fazer com o que se fez”. Em outras palavras, produzimos softwares educativos e o disponibilizamos para as escolas, porém: como eles são usados nessa instância educativa?

Neste artigo os professores nos indicaram algumas interessantes possibilidades. Por isso, temos um sentimento que estamos alcançando nosso propósito, ou seja,

propiciar ao professor atuante nos diferentes níveis de escolaridade a apropriação de estratégias pedagógicas que utilizem as novas tecnologias da comunicação e da informação na área de educação em ciências.

Referências Bibliográficas

- Bogdan, R.C. & Biklen, S.K. (1994). *Investigação qualitativa em educação, uma introdução à teoria e aos métodos*. Portugal: Porto Editora.
- Borges, R.M.R. (1996). *Em debate: cientificidade e educação em ciências*. Porto Alegre: CECIRS-SERS.
- Cardoso, A.A. & Franco, A. (2002). Algumas reações do enxofre de importância ambiental. *Química Nova na Escola*, 15: 39-41.
- Carraher, D.W. (1990). O que esperamos do software educacional?. *Acesso*, 2 (3): 32-36.
- Carraher, D.W. (1992). O papel do computador na aprendizagem. *Acesso*. 3 (5):19-21.
- Coburn, D. (1988). *Informática na Educação*. São Paulo. Livros Técnicos e Científicos.
- Corazza, S.M. (1992). *Tema gerador: concepções e práticas*. Ijuí: Unijuí.
- Eichler, M.L. (2000). *Um estudo sobre a microgênese da explicação de um problema ambiental*. Dissertação de Mestrado em Psicologia do Desenvolvimento, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- Eichler, M.L. & Del Pino, J.C. (1997). Modelagem e implementação de software educativo: estudando Carbópolis. *Tecnológica*, 1 (1): 113.
- Eichler, M.L. & Del Pino, J.C. (1998). Carbópolis: meio ambiente, resolução de problemas e software educacional. *Actas IV Congresso Ibero-Americano de Informática na Educação*.
- Eichler, M.L. & Del Pino, J.C. (2000a). Carbópolis, um software para educação química. *Química Nova na Escola*, 11: 10-12.
- Eichler, M.L. & Del Pino, J.C. (2000b). Computadores em educação química: estrutura atômica e tabela periódica. *Química Nova*, 23 (6): 835-840.
- Eichler, M.L. & Del Pino, J.C. (2001). Algumas reflexões sobre o desenvolvimento de um projeto de informática educativa, em época de ajuste fiscal. *Tecnologia Educacional*, 30: 57-69.
- Eichler, M. L. & Del Pino, J. C. (2002). Carbópolis, um software para a educação ambiental. Em: S. Ferreira (Org.). *Jornada de Verão 2002: conhecendo e discutindo a rede municipal de ensino* (pp. 42-53). Porto Alegre: SMED.
- Eichler, M.L.; Fagundes, L.C. (2001). A microgênese da explicação de um problema ambiental: os casos Paulo e Piter. *Psicologia: Reflexão e Crítica*, 14 (3): 505-520.
- Eichler, M.L.; Gonçalves, M.R.; Silva, F.O.M.; Junges, F. & Del Pino, J.C. (2003a). Uma proposta para o desenho interdisciplinar de ambientes virtuais de aprendizagem de ciências. *Revista Novas Tecnologias na Educação*, 1, (2), [Revista eletrônica; www.cinted.ufrgs.br/renote].
- Eichler, M.L.; Gonçalves, M.R.; Silva, F.O.M.; Junges, F. & Del Pino, J.C. (2003b). A suggestion on virtual learning environments design to science education: ways of electric energy production and their social and environmental impacts. *Educational Technology*, 43 (6) [no prelo].
- Fagundes, L.; Sato, L. & Maçada, D. (1999). *Aprendizes do futuro: as inovações começaram!* Brasília: Secretaria da Educação a Distância, Ministério da Educação.
- Fiedler, H. & Solari, J.A. (1991). Concentração de metais em aerossóis atmosféricos. *Ambiente*, 5, (1), 26-32.
- Fiedler, H.; Martins, A.F. & Solari, J.A. (1990). Meio ambiente e complexos carboeléticos: o caso Candiota. *Ciência Hoje*, 68, (12), 38-45.

- Fonseca, M.R.M. (2001). *Completamente Química: química geral/físico-química/química orgânica. Ciências, Tecnologia & Sociedade*. São Paulo: FTD.
- Freire, P. (1996). *Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa*. São Paulo: Paz e Terra.
- Gonçalves, M.R.; Eichler, M.L. & Del Pino, J.C. (2002). Elaboração de mapas para o desenvolvimento de ambientes virtuais de aprendizagem para a educação científica. *Boletim Gaúcho de Geografia*, 28 (1), 95-109.
- Gonçalves, M.R.; Eichler, M.L. & Del Pino, J.C. (2003). Modelagem de um sistema elétrico para o ambiente virtual de aprendizagem *Energos. GeoNotas* (Maringá – PR), 7 (2). [periódico eletrônico, em www.geonotas.uem.br].
- Hodson, D. (1994). Investigación y experiencias didácticas: hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias*, 12 (3): 299-313.
- Loguercio, R.Q., Samrsla, V.E.E. & Del Pino, J.C. (2001a). A dinâmica de analisar livros didáticos com professores de química. *Química Nova*, 24 (4): 557-562.
- Loguercio, R.Q.; Samrsla, V.E.E. & Del Pino, J.C. (2001b). Uma leitura de livros didáticos de química. *Espaços na Escola*, 40: 53-68.
- Lollini, P. (1991). *Didática e computadores – quando e como a informática na escola*. São Paulo. Edições Loyola.
- Lopes, A.R.C., (1992). Livros didáticos: obstáculos ao aprendizado da química. 6^o Encontro Nacional de Ensino de Química. Sociedade Brasileira de Química. São Paulo.
- Maldaner, O.A. (1999). O professor-pesquisador: uma nova compreensão do trabalho docente. *Espaços da Escola*, 31: 5-14.
- Maldaner, O.A. (2000). *A formação inicial e continuada de professores de química – professores/pesquisadores*. Ijuí: Unijuí.
- Marcondes, M.E.R. et al. (1995). *Interações e transformações I. Elaborando conceitos sobre transformações químicas*. São Paulo: EDUSP.
- Neves, I.C.B.; Souza, J.V.; Schäffer, N.O.; Guedes, P.L. & Klüsener, R. (1998). *Ler e escrever: compromisso de todas as áreas*. Porto Alegre: Ed. da Universidade/UFRGS.
- Peruzzo, F.M. e Canto, E.L. (1998). *Química na abordagem do cotidiano*. Vol. 1, 2, 3. 2^o Ed. São Paulo: Moderna.
- Praia, J. e Cachapuz, F. (1994). Un análisis de las concepciones acerca de la naturaleza del conocimiento científico de los profesores portugueses de la enseñanza secundaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 12 (3): 350-354.
- Rosito, B.A. (2000). *O ensino de ciências e a experimentação*. In: Moraes, R. *Construtivismo e ensino de ciências – reflexões epistemológicas e metodológicas*. Porto Alegre. EDIPUCRS.
- Russel, J. B. (1994). *Química Geral*. São Paulo: Makron Books.
- Schnetzler, R.P. (1981). Um estudo sobre o tratamento do conhecimento químico em livros didáticos brasileiros dirigidos ao ensino secundário de química de 1875 a 1978. *Química Nova*, 4 (1): 6-16.
- Schön, D.A. (2000). *Educando o profissional reflexivo – um novo design para o ensino e a aprendizagem*. Porto Alegre: Artes Médicas Sul.
- Squires, D e McDougall & A. (1994). *Choosing and using educational software: a teacher's guide*. London: The Falmer Press.
- Tauk-Tornisiolo, S.M.; Gobbi, N. & Fowler, H.G. (1995). *Análise ambiental: uma visão multidisciplinar*. São Paulo: Editora da Universidade Estadual Paulista.

Zucolotto, A.; Santos, F.; Guterres, J.; Loguercio R. & Del Pino, J.C. (2003). Do nome das coisas à disciplina dos termos: o que sabemos? *Integração: Ensino, Pesquisa e Extensão* (São Paulo). [submetido à publicação].