

OS "BILHÕES" DE SAGAN E A EDUCAÇÃO CIENTÍFICA

Prof. Dr. Ricardo Roberto Plaza Teixeira

Doutor em Física e Professor do CEFET-SP

Profª. Wania Tedeschi

Professora de Matemática do CEFET-SP

*Neste trabalho apresentamos o desenvolvimento de práticas interdisciplinares realizadas pelos autores com estudantes do Ensino Médio do CEFET-SP envolvendo a leitura do livro *Bilhões e bilhões de Carl Sagan e as suas conseqüências pedagógicas em termos da maturidade intelectual adquirida pelos alunos.**

O SISTEMA EDUCACIONAL BRASILEIRO E O ENSINO DE CIÊNCIAS

Em vários setores de nossas vidas presenciemos mudanças radicais e a introdução de novas tecnologias no dia a dia traz a necessidade de se repensar uma série de posturas anteriormente úteis e eficientes mas que se verificam obsoletas para os dias de hoje. Particularmente, no universo educacional, a questão não é diferente. Como reflexo da sociedade, na escola se reproduzem anseios e frustrações e é nela onde se procuram, muitas vezes, as respostas para as questões postas em cada momento. Essa procura por respostas se acentua em momentos de grandes mudanças como os que estamos vivendo nestes últimos anos.

Em editorial de 09/01/2000 o jornal *Folha de São Paulo* destaca a necessidade de um projeto para a pesquisa no Brasil e denuncia a exportação de cientistas desanimados e a situação da pesquisa no país. Além disto constata-se que os jovens são muito pouco atraídos para as carreiras científicas. Mas onde começam estes problemas?

Nosso sistema educacional tem sido centrado num professor mentor, que transmite um conteúdo, tentando abstrair-se

da subjetividade, das contradições e dos conflitos ideológicos, tentando tornar-se um indivíduo neutro e lógico. Estas práticas se verificam, na maioria dos casos, em aulas expositivas que apresentam uma relação pouco produtiva entre o professor e o aluno. É fato que as mudanças pelas quais passa o mundo moderno são profundas e transformam não só as práticas individuais, mas também o mundo do trabalho. À escola cabe a missão de dar a oportunidade aos alunos de repensar a sua visão de mundo; ela tem o desafio de criar espaços de discussão, resgatando seu papel formativo dos indivíduos e futuros cidadãos. Quanto ao professor, várias questões de ordem pedagógica, política e social podem ser levantadas, visto que o professor não é unicamente um agente de transmissão de conteúdos mas um multiplicador de idéias, influenciando de forma decisiva o ambiente em que atua. A atuação do professor, como mediador no processo de conhecimento, está repleta de conteúdos técnicos mas sua ação de intervenção é também uma ação social e política que, junto com a sociedade e com a família, direciona o futuro dos educandos.

Se o objetivo primordial da Educação é criar indivíduos criativos que sejam capazes de inovar e pensar cientificamente

e que ao mesmo tempo sejam seres humanos preocupados com questões da sociedade atual, tais como desenvolvimento, ecologia, fome, miséria e concentração de renda, então deveremos todos, alunos e professores, lutar necessariamente por mudanças profundas na escola. Este trabalho é apenas uma pequena tentativa na direção desta mudança, juntamente com muitos outros projetos que têm sido implementados. Não é nosso intuito discutir metodologias mas apenas relatar e analisar experiências diferenciadas e ancoradas numa visão pedagógica que una formação científica e construção de valores cidadãos.

LEITURA E CIÊNCIA

Aprofunda-se entre os educadores a conclusão de que todo professor é um professor de leitura. Uma reportagem do jornal *Folha de São Paulo* (AVANCINI, 1999) sobre os resultados do Saresp — Sistema de Avaliação de Rendimento Escolar — de 1998 mostra a importância do hábito de leitura para o rendimento escolar dos alunos em geral: “Os estudantes de 1ª série do ensino médio diurno que lêem jornais, revistas e livros atingiram a média de 68,2 em língua portuguesa. Os que não têm esse hábito ficaram na faixa dos 57 pontos”. Nas disciplinas ligadas às ciências naturais ainda não é tradição um trabalho mais sistemático dos professores na utilização de leitura e análise de textos de divulgação científica. Crescentemente surgem novos e interessantes livros com este perfil não somente entre os chamados paradidáticos (aqueles feitos por editoras especializadas em livros didáticos para uso nas escolas), como também no que diz respeito a livros que pretendem divulgar a ciência para um público mais amplo e motivado para discussões e polêmicas envolvendo o mundo da ciência e as suas inter-relações com a sociedade. O físico Carl Sagan foi um destes incansáveis divulgadores da ciência e exerceu um papel importante nos

anos 80 com a sua famosa série *Cosmos* de programas para a televisão que deu origem também a um livro com o mesmo título (SAGAN, 1986).

Muitos trabalhos recentes apontam para uma aproximação entre as áreas da ciência e da literatura (ALMEIDA, 1993; SILVA, 1997; ZANETIC, 1998; TROY, 1999). No mesmo sentido, num artigo intitulado “Repensando o ensino de literatura” (BIZZOCCHI, 2000), o autor traça um cenário interessante a respeito da função da literatura no ensino médio: “Se o objetivo do ensino de literatura na escola média é estimular no aluno o hábito da leitura, então, por que, em vez de obrigá-lo a ler obras de ficção de séculos passados, não se propõe a ele a leitura de obras importantes de não-ficção da atualidade, como os livros de Sérgio Buarque de Hollanda e Milton Santos, por sinal muito bem escritos, ou os de Carl Sagan, que possuem, aliás, excelentes traduções em português?”

No CEFET-SP (antiga Escola Técnica Federal de São Paulo) foi criado em 1998 o novo curso de Ensino Médio, separado do antigo Ensino Profissionalizante Integrado. O CEFET-SP pretende ser um centro de referência para o ensino médio das escolas públicas de São Paulo e surgiram espaços para que tentativas inovadoras em termos pedagógicos fossem realizadas. Os autores deste trabalho lecionaram em 1998 e em 1999 as disciplinas de Física e Matemática para diferentes turmas do ensino médio do CEFET-SP (primeiras e segundas séries). Com o objetivo de implementar uma prática interdisciplinar e a partir de experiências e projetos anteriores (TEIXEIRA, 1999a; TEIXEIRA, 1999b), eles escolheram o livro *Bilhões e bilhões* (SAGAN, 1998) como texto motivador de discussões que escapassem das fragmentações da exposição de conteúdos em disciplinas estanques. Este foi o último livro escrito pelo autor antes do seu falecimento. Em alguns pontos ele retoma discussões sobre problemas éticos envolvendo a ciência que era o eixo básico de seu

penúltimo livro *O mundo assombrado pelos demônios* (SAGAN, 1996). Ambos são livros de certa forma “difíceis” pois envolvem a análise de situações, a estruturação de argumentos, a emissão de juízos de valores e a tomada de posições, diferenciando-se assim de muitos paradidáticos que apenas justapõem conteúdos de diferentes disciplinas, fornecendo-os “mastigadinhos” para os alunos, como se costuma dizer no jargão escolar. Os dois livros também trazem no seu bojo um espírito “iluminista” (a ciência enquanto luz que libertará a humanidade do reino do misticismo e da ignorância), que tem obviamente os seus limites — e a história do positivismo no mostra isto — mas que pode indicar novos caminhos, abrindo horizontes enriquecedores para os alunos e suscitando neles o estímulo ao método de raciocínio crítico para a análise de qualquer fenômeno; eles superam desta forma o mero didatismo das simples exposições sequenciais de conteúdos. Na verdade o debate é algo intrínseco à ciência: mostrar as controvérsias envolvidas é um dever portanto. Isto envolve também a aprendizagem ou formação de valores, já que a ciência não é algo desconectado do universo social: quando discutimos os limites da ciência, as questões éticas envolvidas e o método usado, obviamente apontamos neste sentido. Sagan como cientista tem um estilo de escrever que se utiliza da retórica como forma de convencimento, algo que, apesar do discurso em contrário, é absolutamente comum no meio científico. Enquanto em *O mundo assombrado pelos demônios* a abordagem se dá preferencialmente por meio da história da ciência e da humanidade, em *Bilhões e bilhões* o autor concentra a sua análise em temas polêmicos geradores de reflexões que pela sua própria natureza tornam-se intrinsecamente interdisciplinares: aí aparecem temas tão variados como o efeito estufa, a teoria dos jogos e a ética, a questão do direito ao aborto, a destruição

da camada de ozônio, a relação entre ciência e religião, a procura por vida fora da Terra, o crescimento populacional da humanidade, etc.

O TRABALHO COM OS DOIS PRIMEIROS CAPÍTULOS DE BILHÕES E BILHÕES

O livro *Bilhões e bilhões* é dividido em três partes e, na sua primeira parte, intitulada “O poder e a beleza da quantificação”, Sagan dedica os dois primeiros capítulos à importância da matemática para a compreensão do mundo natural; são eles o capítulo 1 — “Bilhões e bilhões” e o 2 — “O tabuleiro de xadrez persa”. No primeiro, a partir da diferenciação dos conceitos de milhão e bilhão, o autor faz uma rica discussão sobre a importância das ordens de grandeza como forma de quantificação de qualquer coisa e sobre como o uso de potências de dez pode ser útil para este objetivo; sem dúvida, existe uma crescente tendência em valorizar o conceito de ordem de grandeza como algo fundamental para uma consistente alfabetização científica e matemática dos alunos. O segundo capítulo realiza uma discussão sobre crescimento exponencial, utilizando como motivador a famosa história da invenção do jogo de xadrez e da promessa feita pelo rei persa de atender ao pedido do seu criador — um grão de trigo na primeira casa do tabuleiro, e o dobro em cada casa em relação à anterior, nas 63 casas seguintes — que envolve o conceito de progressão geométrica. A partir daí são encadeadas discussões tão diversificadas como o crescimento do número de bactérias ou da população mundial, as reações nucleares em cadeia e questões de relevância social como a pobreza ou a epidemia de AIDS. É também trabalhado pelo autor o limite das exponenciais na vida real, ou seja, o teto a partir do qual uma quantidade qualquer deixa de crescer exponencialmente e entra num estado estacionário.

Algo bastante interessante foi o envolvimento dos alunos com estes textos e o prazer de leitura crítica desenvolvido. Temas correlacionados e mais próximos da realidade brasileira como por exemplo a questão da inflação e das diferentes moedas ao longo da história também foram usados. Foram realizados seminários como estratégia, de modo que estes alunos pudessem expor a sua compreensão sobre o assunto e, ao mesmo tempo, pudessem pesquisar temas adicionais relacionados com a discussão. Diversos pontos de vista surgiram e a análise de todos foi incentivada.

O objetivo principal do trabalho pedagógico descrito era fazer com que os alunos tomassem contato com textos que discutissem ciência e linguagem matemática e que sobretudo fizessem um vínculo com questões da sociedade atual. Outro objetivo importante era o de tornar possível o estudo aplicado da matemática trabalhando questões que envolvessem outras áreas do conhecimento, permitindo que os alunos tomassem contato com problemas diversos. O trabalho também permitiu aos alunos vivenciarem o trabalho coletivo e a discussão em grupo, bem como sua organização. As diversas formas de apresentação dos trabalhos fizeram com que os alunos se sentissem à vontade para se expressar da forma com a qual mais se identificavam, permitindo o melhor aproveitamento do potencial de cada um. Assim, relacionado ao conteúdo de função exponencial, e utilizando os dois primeiros capítulos do livro, foi proposto o seguinte trabalho na disciplina de Matemática:

- Ler os dois primeiros capítulos de *Bilhões e bilhões*.
- Responder e entregar um questionário sobre o texto (em anexo).
- Dividida a classe em grupos, foram distribuídas duas questões para cada grupo que ficava responsável por elaborar uma análise mais detida destas para a classe. A apresentação

foi livre e várias idéias surgiram: em forma de seminário, peça teatral (desde que apresentado o roteiro), filmagem, exibição de cartazes, transparências, etc.

- As referências bibliográficas e fontes consultadas deveriam ser citadas no final do trabalho (o **tema pesquisa bibliográfica** fez parte dos preparativos para iniciar o trabalho).
- A exposição da opinião do grupo sobre os temas estudados foi incentivada evitando respostas do tipo "eu acho que...". Estas respostas deveriam encontrar fundamentação ou no texto ou em outra fonte e quando se tratasse de resposta pessoal deveria prevalecer a opinião da maioria. As respostas deveriam ser objetivas e concisas, expressando a idéia com precisão.

Os grupos foram analisados pela criatividade, originalidade, pesquisa bibliográfica e principalmente pela coerência nas idéias apresentadas.

IMPRESSÕES DOS ALUNOS SOBRE AS ATIVIDADES DESENVOLVIDAS

Após a conclusão do trabalho foi pedido aos alunos que tecessem considerações sobre a experiência que este trabalho havia proporcionado. Tomou-se o cuidado de deixar opcional a identificação. Eis aqui alguns comentários sobre o trabalho desenvolvido:

- Contribuiu para melhoria da expressão de pensamentos.
- A linguagem do texto foi fácil.
- O texto foi difícil de entender.
- Pena que foi feito só no fim do ano.
- Desenvolveu o senso crítico.
- Adquirimos senso de trabalho em grupo.
- Ir atrás dos assuntos foi estimulante.

- Foi um desafio falar em público.
- O papel ativo do aluno ajuda no aprendizado.
- Os colegas foram muito criativos.
- Percebi que nem tudo é como parece e que devemos pensar melhor no que fazemos.
- Um trabalho interessante ajuda a fixar a matemática.
- Fiquei nervoso na hora de falar em público.
- Achava que exponencial só servia para amolar o aluno.
- Foi bom porque um aluno entende melhor outro aluno.
- É estimulante pesquisar a matemática.
- É bom trocar de lugar por um dia com o professor.
- É interessante como a pesquisa aumenta nosso conhecimento sobre o assunto.
- Por este método, a matemática não só é explicada mas também demonstrada.
- As apresentações foram boas, mas falhei quando deixei de participar junto ao grupo.
- Foi difícil organizar o grupo e as idéias de todos.
- Gostei de saber quão ruim era a inflação.
- Alguns cálculo são extremamente complicados, mas o texto é interessante.
- Quero fazer outro trabalho como este com peça de teatro.
- Quando as idéias eram contrárias, conversávamos para chegar a um acordo.
- Consegui ver que sou capaz de fazer um bom trabalho.

CONCLUSÕES

Uma das conseqüências da utilização de seminários foi o desenvolvimento da capacidade dos alunos de sintetizar os textos lidos. Notou-se também um

amadurecimento na produção intelectual dos educandos, algo difícil de mensurar, mas facilmente notado no cotidiano da sala-de-aula; pesquisas posteriores com os alunos também fundamentam esta idéia. A modificação da visão deles acerca do que seja uma leitura crítica de livros ou da imprensa em geral e o desenvolvimento de critérios de seleção de leituras foram outros desdobramentos positivos.

Este trabalho continua com variações e ampliações; é um trabalho único e inovador a cada nova versão e para cada grupo de alunos e professores que o desenvolve. Estaremos trabalhando em conjunto com outros colegas e com novos textos, sempre com o objetivo de fomentar o progresso da cultura científica em nossos alunos bem como a análise do contexto histórico e social em que a ciência é construída. Este é um desafio bastante grande, mas permanece o empenho por uma experiência aberta a sugestões, de forma a garantir aos alunos um diferencial em sua formação científica e cidadã. Desta maneira, fazemos nossas as palavras de Antoni Zygmund: "Para o estudante é muito instrutivo aprender não somente o resultado final, a última formulação, mas também a história do seu desenvolvimento. Com isto, não apenas toma conhecimento do processo do desenvolvimento intelectual, mas também constata que as dificuldades que pode encontrar para assimilar novas idéias não se devem necessariamente à falta de condições de sua parte, e sim ao alto grau de sofisticação necessário para captar as idéias em questão. Ao perceber as desventuras de seus predecessores, sentir-se-á menos desanimado pelas suas" (BEKKEN, 1994).

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Maria José P. M. e RICON, Alan E. Divulgação Científica e texto literário: uma perspectiva cultural em aulas de física. Caderno Catarinense de Ensino de Física, v. 10, nº 1, p. 7-13, 1993.

AVANCINI, Marta. Ler e fazer lição ajudam desempenho. In: *Folha de São Paulo*, 24 mar. 1999, caderno 3, p 7.

BEKKEN, Otto B. Equações de Ahmes até Abel. Universidade de Santa Úrsula — GEPEM, Rio de Janeiro, 1994.

BIZZOCCHI, Aldo. Repensando o ensino de literatura. In: *Folha de São Paulo*, 10 jul. 2000, p. A3.

SAGAN, Carl. *Cosmos*. Rio de Janeiro, Editora Francisco Alves, 1986.

SAGAN, Carl. *O mundo assombrado pelos demônios — A ciência vista como uma vela no escuro*. São Paulo, Companhia das Letras, 1997.

SAGAN, Carl. *Bilhões e bilhões — Reflexões sobre vida e morte na virada do milênio*. São Paulo, Companhia das Letras, 1998.

SILVA, Henrique César da. O uso de textos e representações do professor de física. In: *Caderno Cedes* 41 — Ensino da Ciência, Leitura e Literatura. Campinas, Centro de estudos Educação e Sociedade, 1997.

TEIXEIRA, Ricardo Roberto Plaza. A Física no ensino médio vista como parte constituinte da cultura da civilização moderna. Brasília, *Atas do XIII Simpósio Nacional de Ensino de Física*, 1999.

TEIXEIRA, Ricardo Roberto Plaza. Uso de jornal em aulas de física: estudo de um caso. Campinas, *Atas do 12º Congresso de Leitura do Brasil*, 1999.

TROY, Robert J. Better science through literature? *American Journal of Physics*, 67 (2), pg. 105-6, 1999.

ZANETIC, João. Literatura e cultura científica. In: ALMEIDA, Maria José P. M. de e SILVA, Henrique César da (org). *Linguagens, leituras e ensino*

da ciência. Campinas: Mercado das Letras/ Associação de Leitura do Brasil, 1998.

ANEXO — QUESTIONÁRIO SOBRE O TEXTO *BILHÕES E BILHÕES*.

1. O texto mostra algumas situações onde os números milhões, bilhões, etc... são usados para quantificar algumas coisas. Essas quantificações podem ou não ser significativas para a vida das pessoas na Terra. Como consequência, estes números podem determinar a criação de novas leis, mudança de comportamentos ou qualquer outra atitude individual ou coletiva que vise à melhoria de vida dos seres humanos. Baseado no texto, cite algumas destas quantificações de forma que algumas sejam significativas para o grupo, outras não.
2. A respeito da questão anterior, explique as escolhas feitas dizendo porque julga ou não importante, para os seres humanos, estas quantificações.
3. Qual a importância da notação científica para a ciência?
4. Pesquise com pessoas que viveram a época da inflação, quanto custavam algumas coisas; procure encontrar alguns preços daquela época e compare com os de hoje. Por que existe tamanha diferença numérica? Ex.: o litro da gasolina, uma conta de luz, o preço de um carro, etc. Faça uma comparação com a parte de texto da pág. 14 sobre o custo de uma carta na Alemanha em 1923.
5. Na pág. 21 temos exemplos de uso de aumentos exponenciais como juros e também o caso de desvalorização do dinheiro pela inflação.

- a - Explique como ficaria o salário de um trabalhador que desde 1995 não tem reajuste com uma inflação anual de 3%.
- b - No caso de um aposentado que, em 1995, recebia 1.200 reais, hoje quanto estaria ganhando? Faça uma pesquisa de preços e veja como ele conseguiria viver com esta aposentadoria.
6. Monte, matematicamente, o pedido do grão-vizir ao rei (não reproduza o quadro da pág. 29). Utilize uma calculadora e efetue os cálculos.
7. Nas páginas 22 e 23 o autor usa o termo horizontalizar curvas tanto no caso dos micróbios como no caso dos casos de AIDS. Explique o significado em cada caso e quais os possíveis agentes causadores desta horizontalização.
8. Analisando o gráfico da pág. 25, vemos que o crescimento populacional era estável até aproximadamente 1800 d.C., entrando em crescimento exponencial e acelerado a partir de então. Cite alguns fatores sociais e científicos para este fato, justificando-os.
9. Segundo o texto, o crescimento exponencial está diretamente ligado à pobreza de uma população e, apesar disto, existem países de alta renda "per capita" onde o crescimento populacional não está controlado. Qual a relação entre a pobreza e o grande crescimento populacional e por que alguns países são exceções?
10. Explique o que é meia-vida de um elemento radiativo, sua utilização e dê exemplos.
11. Qual a importância de se entender os objetos de estudo quantitativamente e qualitativamente? Que poder nos confere o domínio de saber analisar adequadamente as medidas de um evento?
12. Qual o cálculo que o rei deveria ter solicitado ao seu vizir se o tabuleiro possuísse 10 linhas por 10 colunas? Faça um cálculo aproximado e exiba a soma das potências, dando o resultado.

Para contatos com os autores:

Ricardo Plaza
rteixeira@if.usp.br

Wania Tedeschi
wted@osite.com.br