Processadores Matemáticos e Projetos como Ferramentas na Implementação Construtivista: Experiência com Uso do "Mathcad"

Antonio Gil Vicente de Brum
Departamento de Física e Matemática
Universidade Ibirapuera-UNIb
Av. Interlagos, 1329 – Interlagos, S. Paulo, SP
Cep. 04661-100
E-Mail: agbrum@uol.com.br

Palavras chave: *Matemática, Ensino, Construtivismo, Tecnologia, Projetos.*

Resumo

Este trabalho propõe a utilização de processadores matemáticos, no caso o "Mathcad", como auxiliares na implementação do ambiente construtivista de ensino. De fato, tais instrumentos contemporâneos congregam em si grande número de novas tecnologias reconhecidamente eficazes (como é o caso da Internet) na construção coerente do conhecimento no aluno. Neste novo ambiente proposto, o aluno visualiza na tela de um computador, de maneira motivadora e em tempo real, o resultado de suas investigações. Os projetos, desenvolvidos com uso destas ferramentas, têm como foco um tópico dentro do estudo empreendido *(máximos e mínimos*, por exemplo, dentro do tópico *derivadas*) e envolvem aplicações realísticas da matemática. O desenvolvimento completo de um projeto envolve o aluno numa investigação que o leva a um agradável passeio por vários campos do conhecimento, incluindo a matemática e a física, onde ele é convidado a participar da busca por uma solução para um problema desde a sua concepção até a conclusão final. Durante esse passeio, o aluno revê conceitos esquecidos consolidando-os, aprende, por meio de pesquisa, novos conceitos de física e matemática e, principalmente, devido à forte conexão entre os conceitos envolvidos em torno da consecução do objetivo, percebe a importância das ciências como instrumento de estudo e compreensão do universo que o rodeia. Este trabalho também sugere ser de grande importância a familiarização dos professores com as novas ferramentas de ensino e indica caminhos para esta familiarização. Embora desenvolvido e experimentado no ambiente universitário, a aplicação dos conceitos aqui discutidos também se recomenda, com a devida ponderação, a outros níveis de instrução.

Abstract This work purpose is to indicate the use of the so called "math processors", in this case "Mathcad", as an auxiliary tool in the effective implementation of the construtivist educational environment. As a matter of fact, such contemporary teaching and learning tools congregate many well known (for its efficacy) new technologies (the Internet, for instance) in the student's coherent knowledge building. The new suggested environment makes it easy and exciting for the students to visualize in a computer screen (in real time) the results of their investigations. The projects, developed with use of such tools, focus on a topic inside the considered subject (for example, maxima and minima, in the study of the derivatives), and are related to realistic math applications. The development of one such project involves the student in an investigation that takes him to a

pleasant walk through various knowledge fields, including mathematics physics, where he is invited to join the quest for a solution to a specific problem, since its conception till its end. Along this trip, the student review some important (forgotten) concepts, consolidating them. He learns, by means of its own research, new involved math and physics concepts, mainly because its strong correlation to the attainment of the final goal, becoming able to realize how important science can be as a mean of understanding and studying the universe that surrounds him. This work also suggests the importance of the familiarization with such tools and points a way of doing this necessary upgrade. Although developed and experienced in university environment, the concepts here discussed also apply, with proper considerations, to other instruction levels.

1. Introdução

Atualmente, o uso de novas tecnologias, notadamente as baseadas em computadores, como auxiliares no processo de ensino/aprendizado é fato comum em quase todos os centros estudantis. Uma das explicações mais comuns para isto é o fato de tais tecnologias possibilitarem a implementação do ideal expresso pelo modelo construtivista de ensino, que busca a construção coerente e significativa do corpo de conhecimentos no aluno.

Os processadores matemáticos são programas para processar matemática, realizando desde cálculos numéricos sofisticados até álgebra simbólica, tudo isso embutindo beleza e rapidez, animações, simulações, sons, interconexão global, etc. Em torno de tais programas, grande número de ferramentas de alta tecnologia baseadas em computador é agregado. A potencialidade do uso de tais programas como auxiliares no processo de aprendizado é praticamente ilimitada. Desvenda-se aí, por certo, o segredo do sucesso atingido pelas firmas produtoras de tais "softwares" no tocante à disseminação de seus produtos. Trata-se do modelo bem sucedido de aprendizado que a utilização desses produtos possibilita.

O interesse do autor concentra-se majoritariamente no desenvolvimento e aplicação dos *projetos*. Tais projetos são desenvolvidos para congregar as novas tecnologias disponíveis, segundo o ideal construtivista. Os *projetos* e a experiência adquirida na aplicação dos mesmos às turmas de cálculo, são discutidos neste trabalho.

2. Construtivismo e o Modelo do Aprendiz

O modelo bem sucedido de ensino citado anteriormente, que incorpora qualidade e produtividade, refere-se à perspectiva construtivista de ensino, onde é ressaltado o necessário caráter investigativo que devem ter as atividades de ensino para a construção significativa e coerente do corpo de conhecimentos. Segundo essa perspectiva, 'o aluno deve ser tratado como um investigador novo, um aprendiz. O professor, por sua vez, assume o papel de um "expert" capaz de dirigir as investigações dos alunos' [1].

Teóricos importantes como Jean Piaget, Seymour Papert e o psicólogo russo Lev S. Vygotsky também enfatizam em seus trabalhos a importância do aprendizado prático e individualizado, do trabalho em equipe e da descoberta dirigida das informações. Segundo eles estas constituem tarefas não somente adequadas à assistência da tecnologia como também, dadas as características econômicas do ensino e do treinamento, de muito difícil realização sem a ajuda dos computadores [2].

Com tudo isso, percebe-se cada vez mais que as novas tecnologias associadas aos programas especializados permitem que o modelo de ensino caracterizado pela presença de um "expert", na frente da sala de aula falando para muitas pessoas, seja substituído por um modelo caracterizado por um usuário de computador conectado a centenas de experts (no computador embutidos). Isto permite - e torna economicamente viável - o retorno de um modelo educacional muito antigo: o do aprendiz.

3. Os projetos

Os projetos têm como foco um tópico dentro do estudo de cálculo (por exemplo: Máximos e mínimos - dentro do tópico derivadas) e envolvem aplicações realísticas do cálculo. O desenvolvimento completo de um projeto envolve o aluno numa investigação que o leva a um agradável passeio por vários campos do conhecimento, incluindo a matemática e a física, onde ele é convidado a participar da busca por uma solução para um problema desde a sua concepção até a conclusão final. Durante esse passeio o aluno revê conceitos esquecidos consolidando-os, aprende, por meio de pesquisa comum, novos conceitos de física e matemática e, principalmente, devido a forte liga que une todos os conceitos em torno da consecução do objetivo, percebe a importância das ciências como instrumento de estudo do universo que o rodeia.

O primeiro projeto aplicado aos alunos foi o da lata de óleo ótima [3]. Nesse projeto, com uso de matemática do segundo grau, o aluno é levado a redescobrir o porquê do formato único para as latas de óleo utilizadas no Brasil. Uma vez que o resultado calculado do projeto, o valor 'ótimo' para o raio, difere ligeiramente do encontrado qüotidianamente nas prateleiras dos supermercados (e isso ele mesmo verifica), uma nova questão referente às características do mercado é envolvida no projeto. Essa nova questão exige informação/discussão e leva a uma importante tomada de decisão. Com tudo isso, o aluno percebe em todos os processos (produtos) do seu dia-a-dia a presença do cálculo. Ele percebe também com que responsabilidade o formato final de um produto é perseguido. Ao final do projeto, ele passa a ver na matemática uma aliada, não mais uma inimiga, na conquista do próprio bem estar. Este projeto foi apresentado aos alunos no segundo dia de aula do curso (durante três anos). Como resultado de sua aplicação, cumpre destacar: 1) A ascensão de um 'degrau' na maneira de ver e entender o mundo que nos cerca, degrau este de fundamental importância no estudo do Cálculo e das ciências em geral e que representa real avanço na passagem para a maturidade; 2) a conquista da simpatia dos alunos para o estudo do Cálculo.

Outro projeto desenvolvido, "O Pouso da Águia" [3], envolve o aluno numa investigação histórica, física e matemática (apenas o nível secundário é exigido) semelhante à realizada pelos engenheiros da NASA quando do primeiro pouso lunar. Devido às características do Mathcad, gráficos, esquemas técnicos, fotografia, vídeos, "links" com institutos envolvidos (NASA, por exemplo), etc., fazem parte integrante da apresentação do projeto. O objetivo é pousar suavemente o módulo lunar "Eagle" sobre a superfície da Lua. Os estudos empreendidos devem resultar numa estratégia de pouso, considerando as características do veículo e da situação, que leve o módulo lunar em segurança até a superfície. São também objetivos deste projeto a iniciação do aluno à linguagem matemática que traduz as necessidades físicas (em outras palavras, no caso deste projeto, o que significa, em termos matemáticos, um *pouso suave* ?).

Assim como os dois projetos citados, a referência [3] contém também uma séria de outros projetos para aplicação às turmas de Cálculo. (Outra referência para projetos pode ser obtida em [4]).

4. Efeitos no Aluno

Uma observação importante relativa à aplicação e desenvolvimento dos projetos: Percebe-se que a utilização apropriada de computadores e de programas colaborativos, como o Mathcad, modifica a figura do aluno, objeto final do ensino, transformando uma de suas peculiaridades, a postura. O aluno que utiliza adequadamente tais ferramentas em seu aprendizado experimenta a possibilidade de uma troca de postura, passando da *passiva*, pouco eficaz de um aluno convencional, para a *ativa*, típica de aprendizes, contando ainda com a vantagem adicional de poder permanecer em contato direto com o mestre (via computador conectado à Internet) durante o tempo que quiser e quando desejar.

5. Relação Aluno-Professor

O enfoque apropriado aplicado à utilização dos projetos transforma, além da postura do aluno, assunto comentado no parágrafo anterior, também a postura do professor, que passa a ser um "colaborador" no processo do aprendizado. O aluno deve poder contar com o auxílio deste "guia" (e de tantos outros, reais ou virtuais) no seu passeio pelo aprendizado proposto por cada projeto. O professor que antes era visto como um rival, o detentor exclusivo do conhecimento necessário (e que pode, por exemplo, não querer transmiti-lo, dependendo, inclusive de disposições interiores do mesmo), passa a ser visto como um companheiro fiel na busca e aquisição do conhecimento. Com auxílio dele o aluno deverá efetuar o passeio pelas regiões do conhecimento proposto por um projeto. Durante o processo de aprendizado, o aluno deverá ver no professor não mais um opositor, mas um aliado, um amigo confiável. Tudo isto contribui significativamente para a melhoria da qualidade da relação aluno-professor. Também, a qualidade dos resultados obtidos com o desenvolvimento dos projetos, isto é, o fato do método proporcionar efetivamente a construção coerente e significativa de conhecimento, aliado ao contato próximo aluno-professor estabelecido durante a fase de desenvolvimento do estudo proposto, faz com que ambas as partes se sintam gratificadas no esforço empreendido. Natural, portanto, que o relacionamento entre alunos e professores, em termos qualitativos (e quantitativos), sofra incrementos sensíveis.

6. Recomendações aos Professores

Cada projeto demanda a utilização e/ou o desenvolvimento de diferentes características no aluno. Qualquer um deles exige, no mínimo, investigação e raciocínio. É também necessário que ele troque idéias com colegas e professores a respeito das suspeitas e impressões suscitadas. Os projetos costumam provocar boa discussão e, a partir deles, percebe-se o nível de familiaridade dos alunos com a realização de investigações. Entra aí a figura do professor como orientador do processo de aprendizado. O simples fato de ter de pensar sobre este ou aquele assunto assusta alguns alunos que, muito embora motivados pela curiosidade sobre os temas de estudo e/ou pelo uso de ferramentas agradáveis como os computadores, poderiam desistir da investigação proposta, seja pela falta de autoconfiança, seja por insegurança no passeio pelas regiões do pensar, regiões estas que representam na maioria das vezes caminhos quase nunca antes por eles trilhados. Nesse ponto faz-se fundamental a presença orientadora do professor como elemento de ligação entre o aluno e o processo do aprendizado. É preciso que o professor perceba a necessidade da sua intervenção e intervenha habilmente de maneira a conduzir o aluno às diversas fases do desenvolvimento do projeto sem no entanto resolvê-lo para ele.

7. Resultados e Conclusões Sobre a Utilização do Mathcad e a Aplicação dos Projetos

Quanto à aplicação dos projetos às turmas de cálculo, tenho percebido crescente e motivante entusiasmo por parte dos alunos no que se refere às aulas de laboratório. Devido à elas não só o gosto de muitos alunos pela matemática parece ter mudado, mas o fascínio pelo estudo dessa ciência parece ter uma nova chance de despertar. As aulas de laboratório com resolução de exercícios do livro texto no Mathcad foram aplicadas uma vez por mês intercaladas com três aulas teóricas e/ou práticas (solução em sala de aula de exercícios). Para o futuro o número de aulas de laboratório deve aumentar. O objetivo deste pesquisador é, ao invés de levar os alunos ao laboratório, transformar a sala de aula em um laboratório atualizado, ligado em rede com a universidade e com o mundo.

Observando o comportamento dos alunos em face dos projetos, pude verificar melhoras substanciais no rendimento de alguns alunos e conseqüentemente das turmas. Como verificação da melhora qualitativa na relação aluno-professor, posso dizer que, devido, entre outras coisas, ao melhor desempenho desses alunos vinculado às aulas de laboratório, tive a oportunidade de ser elogiado por alguns deles ante o nosso Magnífico Reitor, alguns professores e a comissão do Ministério da Educação e Cultura do governo brasileiro (MEC), que de tempos em tempos avalia os cursos e universidades (ano de 1996, com vistas ao reconhecimento do cuso de Ciência da Computação da Universidade Ibirapuera, S.Paulo/SP).

Cada projeto demanda a utilização e/ou o desenvolvimento de diferentes características no aluno. Qualquer um deles exige, no mínimo, investigação e raciocínio. É também necessário que ele troque idéias com colegas e professores à respeito das suspeitas e impressões suscitadas. Os projetos têm provocado muita discussão e a partir deles pode-se perceber que um grande número de alunos não está acostumado a realizar investigações, muitos não sabem nem por onde começar, aí entra o professor como orientador do processo de aprendizado. O simples fato de ter de pensar sobre este ou aquele assunto assusta os alunos e, muito embora instigados pela própria curiosidade dos temas de estudo ou pelo uso de ferramentas agradáveis como os computadores, alguns deles poderiam, acredito, desistir da investigação proposta, seja por falta de auto confiança, seja por insegurança no passeio pelas regiões do pensar, regiões estas que representam na maioria das vezes caminhos quase nunca antes por eles trilhados. Nesse ponto faz-se fundamental a presença orientadora do professor como elemento de ligação entre o aluno e o processo do aprendizado. É preciso que o professor perceba a necessidade da sua intervenção e intervenha habilmente de maneira a conduzir o aluno às diversas fases do desenvolvimento do projeto sem no entanto resolvê-lo para ele.

O primeiro projeto aplicado aos alunos foi o da "lata de óleo ótima" . Nesse projeto, com uso de matemática elementar (não se usa ainda as derivadas), o aluno é levado a redescobrir o porquê do formato único para as latas de óleo utilizadas no Brasil. Como o resultado calculado do projeto difere ligeiramente do encontrado qüotidianamente nas prateleiras dos supermercados (e isso ele mesmo verifica), uma outra questão referente às características do mercado é envolvida no projeto. Essa nova questão exige informação e leva a uma importante tomada de decisão. Com tudo isso, o aluno percebe que em todos os processos (produtos) do seu dia-a-dia há a presença do cálculo. Ele percebe também com que maturidade o formato final de um produto é perseguido. Enfim, ao final do projeto, ele passa a ver na matemática uma aliada, não mais uma inimiga, na conquista do próprio bem estar. Este projeto é apresentado aos alunos no segundo dia de aula (a três anos). O resultado é um degrau que ele ascende na sua maneira de ver e entender o mundo que o cerca, degrau este de fundamental importância no estudo do Cálculo e que marca a passagem da adolescência para a fase adulta, assim como é de bom tom para um universitário.

Os projetos envolvendo o estudo de limites foram oferecidos às turmas de cálculo 1 e 2 como problemas opcionais, isto é, uma vez que o aluno quisesse poderia dedicar algum tempo ao estudo e solução dos problemas citados, conseguindo assim boa bonificação na média final. O projeto sobre o paradoxo de Zenon envolve o aluno numa questão filosófica de importância crucial: - Afinal o movimento existe mesmo ou é uma ilusão? Sendo alunos dos cursos de ciência da computação e análise de sistemas, eles estão se acostumando a simular o movimento em uma tela de computador, o que os leva a acreditar no caráter ilusório do movimento. Novamente a matemática elementar, aqui utilizamos o conceito de soma de uma série infinita, leva a solução para o paradoxo. O passeio pelos campos da filosofia com a matemática nas mãos como ferramenta mostra-se cativante. A solução envolve um conceito medieval, mas que até hoje causa espanto: - Como pode uma soma infinita ter um resultado finito? Depois deste projeto muitos alunos demonstram predileção para a busca e solução de problemas que envolvam questões filosóficas. Percebe-se nestes alunos mais alegria e interesse pelas questões comuns. Uma curiosidade com relação à aplicação deste projeto é que o professor da disciplina Computação Gráfica também se interessou por ele. O outro projeto aplicado concomitantemente envolve um desenvolvimento numérico que é ideal para realização junto ao computador. Por esse motivo ele já foi escrito para ser estudado e resolvido com auxílio do Mathcad.

Como terceiro e quarto projetos tivemos o problema da simulação do salto de grandes alturas com uma corda elástica ("Bungee Jumping") e o problema do pouso do módulo lunar ("Eagle"). Nos dois problemas o aluno toma contato com uma situação realística onde o problema levantado demanda uma solução "inteligente". O aluno é orientado a seguir determinado caminho em suas investigações por intermédio de questões que são feitas numa seqüência predeterminada. O uso do Mathcad como ferramenta auxiliar na investigação constitui fator de motivação, uma vez que as respostas às perguntas são obtidas e visualizadas em curto espaço de tempo. De fato, o fator limitante da velocidade de solução dos problemas constitui característica pessoal de cada aluno. A avaliação dos resultados obtidos com a aplicação destes projetos é assunto do parágrafo a seguir.

A aplicação dos projetos citados gerou grande polêmica entre os alunos. Apesar de básica a matemática a ser utilizada na solução dos problemas (no "Bungee" há uma integracão numérica que é realizado junto ao Mathcad), percebe-se que o enfoque da matemática como ferramenta na solução de problemas reais parece assustar os alunos. Há ainda os conhecimentos de física básica (segundo grau) agregados que demandam conhecimento e pesquisa por parte do aluno. A falta de conhecimentos básicos gera dificuldades para o aluno iniciante (ou aprendiz). Acredito que, uma vez superadas as dificuldades iniciais, os alunos estarão mais aptos a enfrentar problemas de natureza semelhante. O poder de articulação demandado pelo passeio pela questão e sua eventual solução com certeza levam o aluno a uma nova postura com relação ao ensino e com relação à sua própria capacidade. Entretanto, sendo opcional a solução de tais problemas, é pequeno, por enquanto, o número de alunos que se apresentam para o desafio (é mais ou menos assim que eles encaram o problema), propondo-se a estudá-los e resolvê-los. Mesmo assim, percebe-se neles o interesse pela solução das questões. Só isso para o professor já é motivo de entusiasmo. Os alunos mais adiantados das turmas parecem preferir projetos como meio de conseguir nota extra. Em função do conhecimento consolidado adquirido no segundo grau, para estes os projetos não parecem ser um desafio tão grande. A impressão que se tem é que tratam o assunto como diversão ou passatempo e com isso aprendem a utilizar o que conhecem na solução de questões do dia-a-dia. Já para o aluno mais fraco (infelizmente o perfil médio do aluno dos nossos cursos faz deste grupo maioria), é maior a dificuldade encontrada no desenvolvimento de um projeto completo, pois a cada instante lhe falta este ou aquele conhecimento necessário no seguimento do projeto. Para estes últimos o desenvolvimento do projeto não constitui passeio tão facilmente realizável, demandando deles maior emprego de força de vontade para chegarem a solução final. O assunto dos projetos já constitui estímulo grande à sua consecução, no entanto, pode ainda o professor amparar estes alunos nos caminhos intermediários dos projetos, evitando com isso que eles se percam muito dos caminhos desejados, perdendo assim a motivação de seguir caminho até o final do projeto.

Para o futuro, espera-se, a partir do conhecimento adquirido pela aplicação dos projetos citados e de novos ainda não aplicados, divisar novas formas de utilização do conhecimento gerado que otimizem no aluno a obtenção e consolidação de conhecimentos, levando em consideração o fator motivação que não se deve perder em caminhos intermediários.

8. Referências

[1] - Perez, D. Gil; "Construción de la Historia y de la Filosofía de las Ciencias al Desarrollo de un Modelo de Enseñanza/Aprendizaje Como Investigación". Historia y Epistemología de las Ciencias. Enseñanza de las Ciencias, 11(2), pp. 197-212, 1993.

[2] - Barker, D.; "Sete Novas Maneiras de Aprender". Revista Byte Brasil, vol.4, n. 3. Março de 1995.

[3] - de Brum, Antonio G. V.; “O Cálculo e o Laboratório: Projetos e Exercícios com Auxílio do Mathcad” (Livro com publicação prevista para Janeiro de 2000. Ver página do livro: http://sites.uol.com.br/agbrum/bookmatpref.html).

[4] - Stroyan, K. D.; “Calculus Using Mathematica. Scientific Projects and Mathematical Background”. Academic Press, Inc., San Diego, CA. 1995.