

CONSTRUINDO SABER DOCENTE INTERDISCIPLINAR: A TERMOGRAVIMETRIA EM UM LABORATÓRIO DIDÁTICO

Ophelio Walkyrio de Castro Walvy¹, Leonardo Curvello de Castro² e Glória Regina Pessôa Campello Queiroz³

¹Centro Federal de Educação Tecnológica de Química de Nilópolis – Unidade Rio de Janeiro (CEFET Química)/
Doutorando em Educação (UFF). Email: ophwalvy@yahoo.com.br

²Instituto de Radioproteção e Dosimetria (IRD). Email: curvello@ird.gov.br

³Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ). Email: gloria@uerj.br

Resumo

Este artigo apresenta um experimento realizado em laboratório didático no Cefet Química - Unidade Rio de Janeiro - com uma turma de segundo período do curso de Biotecnologia (BM). Este experimento realizou-se em dois momentos com a participação dos professores de Matemática e de Física desta turma. Evidenciou-se nesta pesquisa-ação um trabalho interativo destes professores com outros dois professores desta escola (um de Química e outro de Física), com os respectivos alunos e entre eles. Na tentativa de enriquecer os estudos de Calorimetria e de Matemática, esta pesquisa resgatou uma técnica conhecida como Termogravimetria a fim de ser aplicada como atividade experimental. Entre outros objetivos deste estudo destacamos a busca por um ensino de Física e de Matemática inovador, em relação ao ensino tradicional, com conteúdos que apresentem significado aos alunos e que sejam construídos da forma mais interativa possível, tornando-se mais prazeroso.

Palavras-chave: Ensino de Física e de Matemática. O laboratório didático. Calorimetria. Termogravimetria. Interdisciplinaridade.

Abstract

This article introduces an experiment accomplished at didactic laboratory in Cefet Química - Unidade Rio de Janeiro - with a group of second period of the course of Biotechnology (BM). This experiment took place in two moments with the teachers' of Mathematics participation and of Physics of this group. It was evidenced in this research-action an interactive work of these teachers with other two teachers of this school (one of Chemistry and another of Physics), with the respective students and among them. In the attempt of enriching the studies of Calorimetria and of Mathematics, this research rescued a known technique like Termogravimetria in order to be applied as experimental activity. Among other objectives of this study we detached the search for a teaching of Physics and of innovative Mathematics, in relation to the traditional teaching, with contents that present meaning to the students and that they are built in the possible most interactive way, becoming more pleased.

Keywords: Teaching of Physics and of Mathematics. The didactic laboratory. Calorimetry. Thermogravimetry. Interdisciplinarity.

Introdução

Os caminhos que nortearam a execução deste estudo foram sendo construídos desde que o professor de Matemática do Centro Federal de Educação Tecnológica de Química de Nilópolis (Cefet Química) – um dos autores deste trabalho - em seu percurso no mestrado em Educação Matemática, realizou, em 1996, no mesmo ambiente escolar, uma pesquisa de caráter interdisciplinar que incluía as disciplinas Matemática, Físico-Química e Química Geral (Walvy, 1998a); (Walvy, 1998b). Já havia por parte deste professor a preocupação com a dificuldade dos alunos em apreender os estudos científicos que envolvem a Matemática e com a busca do aprimoramento do trabalho do professor em sala de aula no sentido de vencer essas dificuldades. Nesta época já era ventilada a possibilidade de haver continuidade de um trabalho nessa mesma linha, porém com estudos que relacionassem o ensino-aprendizagem da Física com o da Matemática.

Uma maior aproximação entre as disciplinas Física e Matemática se mostrou frutífera através do uso do laboratório didático, no qual foram desenvolvidos dois experimentos.

O primeiro (realizado no laboratório de Física do Cefet Química) tratou do conceito físico calor sensível, utilizando-se de um roteiro laboratorial, onde se pedia como primeira etapa a determinação da capacidade térmica de um determinado calorímetro e, na segunda, a temperatura inicial de um corpo.

O segundo realizou-se no laboratório de Química Geral dessa escola e resgatou como atividade laboratorial a técnica termogravimétrica¹, que vem sendo utilizada num instituto de pesquisa científica no Rio de Janeiro, o Instituto de Radioproteção e Dosimetria (IRD), possibilitando relações mais sólidas e significativas entre as pesquisas científicas e o ensino de Ciências.

No desenvolvimento desse experimento foram construídas idéias físicas e matemáticas, num processo colaborativo interdisciplinar com participação dos alunos da turma de Biotecnologia (BM 121) e dos professores de Matemática e de Física desta turma.

No transcurso deste trabalho houve a participação de mais dois professores do Cefet Química: um de Química e outro de Física.

Neste estudo utilizou-se a pesquisa-ação como metodologia (MORIN, 2004; TABACHNICK, 1999; ELLIOT, 1993) e em seu desenvolvimento um saber docente interdisciplinar² (TARDIF, 2002; PIMENTA; GHEDIN, 2002; ALARCÃO, 2004; FAZENDA et al., 2001; QUEIROZ, 2000) foi construído pelos dois professores-pesquisadores.

Esta pesquisa realizada em laboratório didático é parte da tese de doutorado do professor de Matemática, um dos autores desse trabalho.

A Pesquisa

Este estudo, idealizado pelo professor de Matemática, só poderia começar a partir do momento em que existisse uma parceria com pelo menos um professor de Física da escola que abraçasse a mesma idéia, tivesse sentimentos comuns e vontade de aprender e pesquisar na área de Educação em Ciências, uma vez que eram previstas mudanças pedagógicas no decorrer do processo.

O encontro aconteceu no primeiro semestre de 2006, quando formou-se a parceria com um professor de Física, que aceitou com entusiasmo a proposta de trabalho cooperativo de

¹ Esta mesma técnica foi proposta em 1952 por Homero Duarte Simões Lopes em seu livro Curso de Química Analítica Quantitativa, onde um dos procedimentos por ele apresentado foi utilizado em nosso experimento laboratorial.

² Estamos chamando saber docente interdisciplinar o saber que o professor desenvolve para atuar de forma interdisciplinar.

pesquisa-ação. O primeiro passo foi dado a partir do momento em que o professor de Matemática preparou um questionário para a realização de uma entrevista semi-estruturada com o professor de Física, realizada em 12 de janeiro de 2006.

As aulas no Cefet Química³ tiveram início dia 13 de fevereiro de 2006 e os dois professores já haviam definido uma turma comum para este trabalho, chegando à conclusão sobre a turma BM 121 (com 23 alunos) do segundo período do curso integrado (técnico de nível médio) de Biotecnologia, que já havia estudado com este mesmo professor de Física no período anterior.

No primeiro dia de aula, os professores de Física e de Matemática fizeram a proposta de trabalho conjunto à turma, que se interessou de imediato em participar.

A etapa seguinte a ser cumprida por estes pesquisadores foi dar ciência aos dirigentes da escola e à coordenação do curso de Biotecnologia do que se pretendia investigar. Tendo sido aceita a proposta, foi dada continuidade ao processo interativo entre estes professores por meio de encontros para discussão pedagógica do projeto.

A partir da entrevista semi-estruturada, gravada em áudio, realizada com o professor de Física, foi acordado pelos dois professores a necessidade de serem realizadas outras gravações de áudio durante os seus encontros, com o propósito de não se perderem as idéias que poderiam surgir a partir das reflexões conjuntas desses professores-pesquisadores, e que poderiam ser de grande utilidade para futuros questionamentos.

Em prol do estabelecimento de visão de Ciência e caminhos metodológicos para Educação em Ciências a serem adotados nas aulas, deu-se início a um estudo teórico sobre Educação em Ciências.

Alguns textos trazidos pelo professor de Matemática de seus estudos da pós-graduação serviram como norteadores para este trabalho, bem como geraram um diálogo mais constante entre estes professores, com reflexões sobre o ensino de Física e de Matemática, entre outras STRATHERN, 2002; SILVEIRA, 1996; SILVEIRA; OSTERMANN, 2002; SÉRÉ, COELHO; NUNES, 2003; CINDRA; TEIXEIRA, 2004; CINDRA; TEIXEIRA, 2005; AGUIAR Jr.; FILOCRE, 2002; REZENDE; OSTERMANN, 2005; ARAÚJO; ABIB, 2003.

Nessa fase do trabalho, algumas dessas leituras eram feitas individualmente e discutidas posteriormente, em conjunto, por estes pesquisadores nos dias por eles definidos.

Com relação aos encontros acordados pelos respectivos pesquisadores, em dois deles, houve a participação da orientadora de pós-graduação do professor de Matemática, e foram realizados na Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ).

O primeiro desses encontros aconteceu dia 17 de fevereiro de 2006, quando a professora-orientadora sugeriu um texto para leitura⁴. O segundo encontro, realizado em 31 de março de 2006, foi gravado em áudio, e a discussão girou em torno do texto sugerido. Neste mesmo dia, foram sugeridas novas leituras⁵ para os dois pesquisadores.

O primeiro texto gerou controvérsia no momento da discussão entre eles e a professora, quando foram abordados temas relacionados ao empirismo e ao indutivismo. As visões dos professores sobre esses temas começaram a se modificar em virtude da própria discussão ocorrida e das leituras posteriores feitas pelos dois professores-pesquisadores.

³ O Cefet Química ministra cursos superiores de pós-graduação, cursos superiores de tecnologia e graduação, e cursos de educação profissional técnica de nível médio. Entre os de educação profissional técnica de nível médio, encontram-se os cursos de biotecnologia, alimentos, química e farmácia.

⁴ O texto lido pelos dois professores se intitula A insustentabilidade da proposta indutivista de “descobrir a lei a partir de resultados experimentais”. Os autores deste artigo são: Fernando Lang da Silveira e Fernanda Ostermann. Foi publicado no Caderno Brasileiro de Física, volume 19, número especial, páginas 7 a 27, em junho de 2002.

⁵ STRATHERN, 2002; SILVEIRA, 1996; SÉRÉ, COELHO; NUNES, 2003; CINDRA; TEIXEIRA, 2004; CINDRA; TEIXEIRA, 2005; AGUIAR Jr.; FILOCRE, 2002; REZENDE; OSTERMANN, 2005.

O primeiro indício de caminho de inovação se refere ao fato de ter sido acordado entre os dois professores, a Coordenação de área de Física e os alunos da turma BM121, a opção por um livro de Física (Guimarães e Fonte Boa, 2004) que estivesse afinado com este projeto. Este livro didático apresenta o ensino de Física mais próximo das inovações pretendidas neste estudo, levando em conta os conhecimentos prévios dos alunos e uma abordagem histórico-cognitiva dos conteúdos trabalhados⁶; está em sua segunda edição e é singular, ao relacionar as concepções alternativas que os alunos apresentam em sala de aula com fatos históricos da Ciência. Cada um dos três volumes desta coleção inclui um CD, e os autores disponibilizam, também, um endereço eletrônico como auxílio aos estudantes.

Apesar da equipe de Física do Cefet Química ter escolhido um outro livro como referência, houve a concordância da respectiva coordenação de área com o uso do livro selecionado pelos dois professores-pesquisadores, contribuindo, portanto, com a proposta sinalizada por eles.

Os trabalhos individuais desses professores com a turma comum em sala de aula procuravam relacionar, sempre que oportuno, as disciplinas Matemática e Física, e em paralelo, ocorriam os encontros de reflexão da dupla.

Realizaram-se novas gravações de áudio nos encontros seguintes, até surgir a proposta de um primeiro trabalho experimental, em laboratório didático, sobre um conteúdo programático que vinha sendo trabalhado pelos alunos e pelo professor de Física. Este conteúdo fazia parte do contexto da Calorimetria e se tratava do calor sensível. Posteriormente, um segundo experimento com caráter mais inovador foi realizado sobre um tema novo para o currículo.

O desenvolvimento do primeiro experimento laboratorial didático

O primeiro experimento realizou-se no dia 3 de maio de 2006 no laboratório de Física do Cefet Química – Unidade Rio de Janeiro.

Vinte e um alunos da turma BM121 que estavam presentes neste dia se dirigiram ao laboratório e se distribuíram nas bancadas formando quatro grupos com quatro alunos e um grupo com cinco. O tempo disponível para este trabalho era de uma hora e trinta minutos. Cada grupo recebeu um texto acompanhado de um roteiro de laboratório para esta aula experimental.

O texto foi construído a partir de um caderno didático elaborado por um grupo de ensino de Física da Universidade Federal de Santa Maria (Porto, A. V. L., Figueiredo, D. B., Denardin, J. C.; Palandi, J.; Magno, P. R., 2000) que apresenta uma definição para calor, temperatura e calor sensível, bem como mostra a equação fundamental da calorimetria.

O roteiro, que foi dividido em duas etapas de trabalho, se originou a partir de um livro (Maia, 1963) que traz teoria e aplicações sobre o tema calorimetria.

Nos dias 11 de maio de 2006 e 02 de junho de 2006, houve mais dois encontros dos dois professores-pesquisadores (ambos registrados em gravação de áudio), onde o professor de Física fez uma análise em conjunto com o professor de Matemática sobre o primeiro experimento laboratorial realizado com a turma BM 121 comentando sobre a importância de experimentos laboratoriais escolares e de sua elaboração prévia para o aprimoramento do ensino de Ciências e da Matemática. Nesse momento, levantaram-se sugestões para a realização de um segundo experimento laboratorial.

As atividades gravadas em áudio até o dia 02 de junho de 2006 e que foram transcritas estão sinalizadas na tabela a seguir.

⁶ Em seguida, procurou-se viabilizar a aquisição desse livro para os alunos, e o professor de Matemática entrando em contato com os autores e a respectiva editora, conseguiu que o mesmo fosse vendido aos alunos por um preço mais módico.

DATA	ATIVIDADE	ATORES ENVOLVIDOS	LOCAL
12/01/2006	ENTREVISTA SEMI-ESTRUTURADA COM O PROFESSOR DE FÍSICA	PROFESSOR DE MATEMÁTICA E DE FÍSICA DA TURMA BM 121	SALA DE REUNIÕES DO CEFET QUÍMICA - UNIDADE RIO DE JANEIRO
31/03/2006	REFLEXÕES SOBRE TEXTO LIDO PELOS DOIS PROFESSORES	OS PROFESSORES-PESQUISADORES DESTE ESTUDO E A ORIENTADORA DE PÓS-GRADUAÇÃO DO PROFESSOR DE MATEMÁTICA	UERJ
11/05/2006	DESCRIÇÃO E ANÁLISE DO PROF. DE FÍSICA SOBRE O 1 ^o EXPERIMENTO REALIZADO NO DIA 03/05/2006 / REFLEXÕES DOS PROFESSORES	OS DOIS PROFESSORES-PESQUISADORES	SALA 411 DO CEFET QUÍMICA - UNIDADE RIO DE JANEIRO
02/06/2006	REFLEXÕES SOBRE TEXTO LIDO PELOS DOIS PROFESSORES E SOBRE O 1 ^o EXPERIMENTO REALIZADO	OS DOIS PROFESSORES-PESQUISADORES	SALA DE REUNIÕES DO CEFET QUÍMICA - UNIDADE RIO E JANEIRO

A Termogravimetria e o segundo experimento

Os dois professores-pesquisadores procuravam uma maior aproximação entre a Matemática e a Física, garantindo as especificidades de cada uma dessas disciplinas e a articulação entre seus respectivos conteúdos. Para eles, essa aproximação deveria ser conquistada através de um trabalho interdisciplinar inovador, colaborativo e motivador.

O convívio maior desses professores, combinado às reflexões conjuntas geradas a partir dos textos lidos por eles, contribuíram para a escolha do laboratório didático como veículo desta aproximação e que foi consolidada a partir da realização do primeiro experimento didático laboratorial com a turma BM 121.

Dando segmento ao respectivo estudo, os professores-pesquisadores procuraram construir um segundo experimento em laboratório escolar que incluísse o conteúdo da Física que estava sendo discutido naquele momento em sala de aula, como também, conteúdos da Matemática relevantes e pertinentes aos estudos científicos, inclusive aos da Física. Neste período o professor de Física já trabalhava a definição de calor latente, onde mudanças de estado físico participam de forma expressiva nesse estudo particular da Calorimetria.

Após algumas reflexões, os professores-pesquisadores chegaram a um consenso de que o segundo experimento em laboratório utilizaria uma técnica conhecida pelo nome de Termogravimetria, já utilizada pelo professor de Física em suas pesquisas no IRD, e que seriam feitas as adaptações necessárias para seu uso em um ambiente laboratorial escolar.

Podemos definir Termogravimetria ou TG como sendo a técnica na qual a mudança da massa de uma substância é medida em função da temperatura enquanto esta é submetida a uma atmosfera controlada.

Apresentamos alguns argumentos que justificam o uso da técnica termogravimétrica neste experimento. São eles:

- Permite um experimento que envolve simultaneamente os estudos da Física e da Matemática, podendo resgatar a curiosidade e o interesse dos alunos.
- Diferente do que acontece na grande maioria dos casos, os conceitos de calor sensível e calor latente são apresentados aos alunos do ensino médio com significado, com aplicabilidade no dia-a-dia e de forma seqüencial.
- Uma aula realizada no laboratório escolar que se preocupa em trabalhar o ensino de forma interdisciplinar, utilizando uma técnica como atividade experimental, é inovadora e dá significado aos estudos de Calorimetria.
- Permite trabalhar conceitos que extrapolam idéias físicas, podendo incluir idéias matemáticas e químicas, por exemplo.
- Uma experiência realizada em laboratório escolar estimula os alunos a quererem compreender fenômenos, motivados pelo contato direto com os instrumentos utilizados.
- Permite que sejam explorados aplicativos da informática, levando alunos e professores a conhecerem um pouco mais sobre estes aplicativos.
- É uma técnica utilizada nos dias de hoje nos laboratórios de pesquisa do IRD em experimentos relevantes para a sociedade.

Na fase que antecedeu ao segundo experimento laboratorial didático, os dois professores convidaram outros dois professores do Cefet Química, um de Física e outro de Química, para formação de novas parcerias, e desses encontros surgiram novas colaborações para dois ensaios relacionados com o próximo experimento.

O ensaio que antecedeu à primeira etapa do segundo experimento laboratorial aconteceu no laboratório de Física no dia 19 de julho de 2006. Participaram desse encontro os professores de Matemática e de Física da turma BM121 e outro professor de Física do Cefet Química. Este último trouxe colaborações para os dois pesquisadores, ao gerar alguns resultados gráficos a partir dos dados obtidos no ensaio realizado pelos dois professores-pesquisadores.

Neste mesmo dia, os professores concluíram que o novo experimento deveria ser realizado em dois momentos e a turma dividida em duas partes. Para o primeiro momento os alunos trabalhariam apenas com a água e, para o segundo, a mistura água com naftaleno, com o intuito de tornar mais visível as vantagens da técnica termogravimétrica.

Quanto à participação do professor de Química, destaca-se sua grande colaboração por ter sugerido aos professores-pesquisadores o naftaleno como uma substância viável a ser usada neste experimento laboratorial didático, e por ter permitido o acesso desses professores ao laboratório de Química⁷.

Com a estrutura da próxima aula definida, concluiu-se que seria necessário um ambiente laboratorial específico que atendesse às especificidades do planejamento. Dessa forma, foi definido o laboratório de Química Geral do Cefet Química - Unidade Rio de Janeiro - para a execução do segundo experimento.

Assim, o ensaio que antecedeu à segunda parte dessa nova experiência realizou-se no laboratório de Química Geral, dia 26 de julho de 2006, com a presença apenas dos dois pesquisadores deste estudo.

Visando um trabalho coletivo afinado com este estudo, foi sugerido pelo professor de Física que os alunos pesquisassem sobre o tema Termogravimetria e apresentassem um trabalho individual como contribuição para a construção da próxima aula no laboratório.

Com esses dados trazidos pelos alunos, foi possível a elaboração pelos professores de um texto de apoio para a segunda aula experimental, configurando-se uma parceria entre professores e alunos.

⁷ Destaca-se também que, em ambos os laboratórios (de Física e de Química) houve a colaboração dos respectivos bolsistas, cujas participações foram, também, fundamentais para que todo o processo pudesse acontecer.

O desenvolvimento do segundo experimento

O segundo experimento laboratorial didático, como planejado, foi realizado em duas etapas. A primeira no dia 21 de julho de 2006 e a segunda no dia 28 de julho de 2006.

A turma BM121 foi dividida desta vez em duas partes, com o propósito de realizar este trabalho com um número menor de grupos de alunos dentro do laboratório. Conseqüentemente, os professores-pesquisadores poderiam dar maior atenção aos grupos e a proposta do uso da técnica da termogravimetria estaria mais próxima de ser bem sucedida.

Poderíamos com esta divisão da turma em duas partes, comparar os dois tipos de trabalho realizados, pois no primeiro a técnica termogravimétrica seria aplicada apenas sobre massas de água, enquanto que no segundo momento sobre massas de uma mistura de água e naftaleno.

Dessa forma, a técnica termogravimétrica se tornaria mais transparente para os alunos bem como algumas das possíveis aplicações dessa técnica estariam mais visíveis para esses jovens estudantes.

O professor de Matemática apresentou aos alunos, em ambos os dias, o significado e o porquê de todo este trabalho que já vinha se desenvolvendo, em conjunto, desde o início do ano letivo. Nessa apresentação, os professores de Matemática e de Física apresentaram as parcerias que foram se formando ao longo de todo esse tempo e o roteiro de aula que havia sido elaborado com a contribuição dos próprios alunos da turma.

Foram utilizados para essas apresentações um computador, uma tela e um laser. O texto e o roteiro para essas aulas experimentais foram projetados na tela e também disponibilizados em papel para os alunos, afim de que eles pudessem fazer os registros necessários durante o experimento cujo roteiro apresentava as seguintes etapas de trabalho:

Etapa 1: Identificação das temperaturas onde a solução tem perdas expressivas.

Etapa 2: Determinação da variação percentual de massa perdida nestas temperaturas.

Foram especificados os materiais a serem utilizados e os procedimentos da aula experimental. Uma tabela foi fornecida com os espaços necessários para registros das medições que deveriam ser feitas pelos alunos durante o experimento laboratorial didático.

Em seguida, os dados obtidos pelos estudantes deveriam ser alocados em uma planilha previamente preparada pelos professores, gerando curvas de análise termogravimétrica (TGA) e de sua derivada (DTG).

Uma memória de cálculos que apresenta a expressão matemática para se obter a velocidade de perda de massa de um material em função da temperatura, também foi fornecida aos alunos.

O material comum utilizado durante as duas etapas do segundo experimento era composto de: bico de Bunsen, balança, tripé de ferro, tela de amianto, cronômetro, cadinho, pinça, termômetro graduado em graus Celsius, suporte universal e garra.

No segundo momento acrescentaram-se o multímetro e o termopar, além do material já descrito.

No primeiro dia, as massas a serem medidas eram apenas de um determinado volume de água destilada e toda a experiência laboratorial foi realizada nas bancadas. Já no segundo momento, pelo fato das massas medidas terem sido de uma mistura de água destilada com naftaleno, os aquecimentos dessas misturas foram realizados nas duas capelas existentes no laboratório de Química Geral. Isto foi necessário pelo fato do naftaleno ser tóxico, não podendo ser inalado.

Os procedimentos a serem seguidos neste experimento laboratorial didático eram os seguintes:

- A solução (ou mistura) é colocada no cadinho, registrando-se em seguida, a massa e a temperatura inicial. Determinação da massa inicial (m_0). Determinação da temperatura inicial (t_0).

- Inicia-se o aquecimento e a tomada de tempo, temperatura e perda de massa.
- Após uma determinada variação de temperatura (para esses dois experimentos a variação ficou numa faixa compreendida entre 5° C e 15°C) determine a massa m_1 e a temperatura t_1 .
- Repetir este processo até os 100°C.⁸
- Os dados de temperatura, massa e tempo são cuidadosamente registrados. Posteriormente estes dados são colocados em uma planilha previamente preparada para alocar os dados e fornecer os gráficos de variação de massa com a temperatura.
- Os resultados são apresentados através da curva termogravimétrica (TGA) e de sua derivada (DTG).

Como trabalho final, os alunos deveriam apresentar seus relatórios, suas conclusões dos respectivos experimentos, as planilhas preenchidas com os dados obtidos e as curvas (TGA e DTG) solicitadas pelos professores.

Entre os objetivos deste trabalho final destacamos:

- Analisar o grau de compreensão dos alunos em relação aos conceitos envolvidos neste trabalho interdisciplinar, avaliando a interferência da apresentação diferenciada em comparação a maneira isolada em uma disciplina.
- Analisar como os alunos avaliaram o uso da técnica termogravimétrica no experimento laboratorial didático.
- Desenvolver nos grupos formados pelos estudantes um contínuo espírito de trabalho colaborativo.
- Permitir que os alunos (junto aos professores) conheçam e explorem aplicativos da informática.

No desenvolvimento deste estudo revelaram-se conceitos matemáticos e físicos que foram facilitadores para o aproveitamento desta aula experimental didática.

Na Matemática encontramos as operações aritméticas básicas, o conceito de função e sua representação gráfica, o conceito de intervalo e noções básicas de proporcionalidade.

Na Física, quantidade de calor (energia térmica em trânsito), calor sensível (a equação da Calorimetria e a medida da quantidade de calor), trocas de calor, calor latente (mudança da estrutura ou estado de agregação das moléculas) e curvas de aquecimento e resfriamento.

Constatou-se a presença marcante da Matemática para o ensino de Física. As estruturas matemáticas ligadas à Física formam um corpo interdisciplinar com esta área do conhecimento que, juntamente com a Química, exerceram importante papel neste estudo.

No desenvolvimento desta pesquisa houve necessidade dos alunos compreenderem as relações matemáticas enfatizadas nas funções e se familiarizarem com a construção de seus respectivos gráficos.

As noções de limite de uma função e de sua derivada foram trabalhadas em conjunto neste experimento laboratorial, resgatando-se previamente estes conceitos da Matemática, sem nenhum comprometimento com futuros estudos desses mesmos conceitos matemáticos. Objetivou-se apresentar a esses alunos conteúdos matemáticos e físicos com significado.

Neste trabalho procurou-se, também, dar significado à idéia de taxa de crescimento antes mesmo que os alunos tenham contato com o conceito de diferenciação de uma função.

⁸ Esse valor limite de temperatura pode variar dependendo do caso. No primeiro momento deste experimento, como os alunos estavam trabalhando apenas com a água, a temperatura limite para o aquecimento deveria ser de 100° C. Já no segundo momento, com a presença do naftaleno, este valor limite poderia sofrer variação de acordo com as propriedades físico-químicas desta substância.

Análises dos experimentos

O segundo experimento laboratorial didático – os relatórios dos alunos da turma BM 121 - grupos do primeiro e do segundo momento.

No segundo experimento laboratorial didático, ficou acordado entre os professores de Física e de Matemática e seus alunos que a entrega dos relatórios seria feita eletronicamente com o envio de e-mails aos dois professores simultaneamente.

Os dois professores desta turma - o de Física e o de Matemática - analisaram estes relatórios e os pareceres sobre eles foram dados aos alunos no período letivo seguinte em uma das aulas do professor de Matemática (gravada em áudio), que foi porta-voz desses pareceres.

Neste momento, o professor de Matemática que continuou a trabalhar com a mesma turma, pode dialogar com seus alunos sobre os resultados apresentados nesses relatórios.⁹

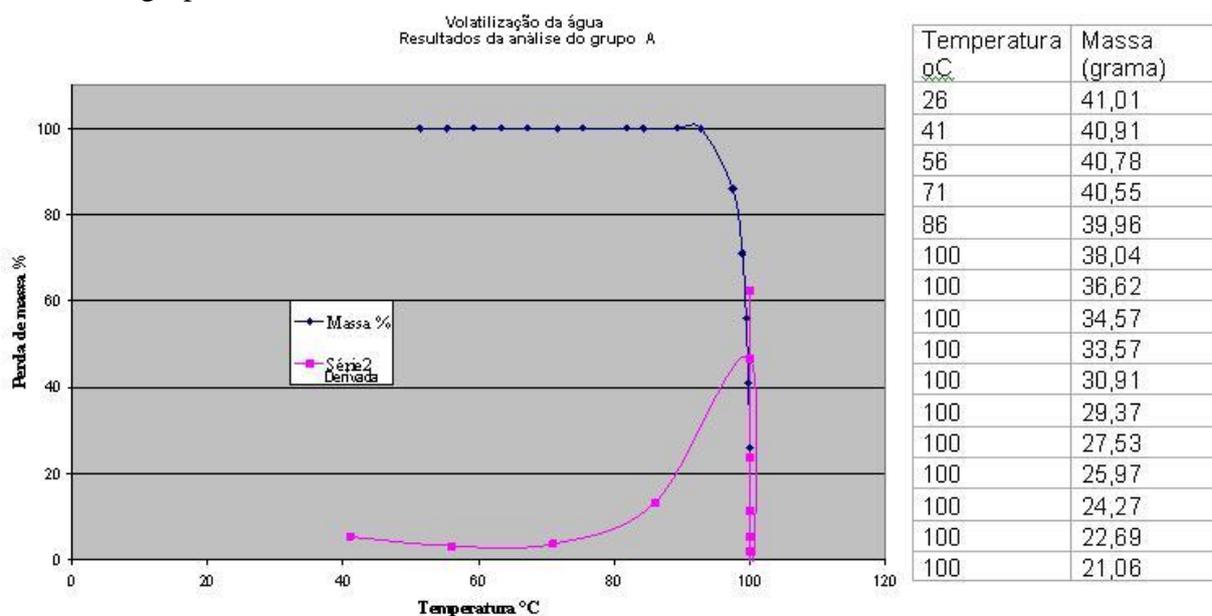
O professores-pesquisadores nomearam esses cinco relatórios utilizando as letras A, B, C, D e E.

As análises dos relatórios salientaram o seguinte:

- Todos os relatórios apresentaram incorreções nos resultados gráficos. A planilha do Excel, que serviu de exemplo, e que foi enviada aos alunos pelo professor de Física, era formada por colunas, e cada coluna formada por linhas a serem preenchidas com os dados obtidos no experimento. Algumas dessas colunas (as que pediam o cálculo da diferença percentual) exigiam um determinado conhecimento estatístico para seu correto preenchimento, e a planilha modelo, por si só, não foi o bastante para dar aos alunos a clareza de seu correto preenchimento.

- Mesmo com essas incorreções, os gráficos gerados pelos alunos tinham coerência em muitos de seus aspectos, pois os valores registrados na planilha a partir de dados obtidos no laboratório didático eram bastante satisfatórios.

- Outro item que gerou erros nas representações gráficas se refere ao fato de que quando na tabela eram registrados valores de temperatura semelhantes, correspondendo a valores de massa diferenciados, os alunos deveriam desprezar a marcação desses pontos no gráfico onde a mesma temperatura fornecesse massas diferentes, pois para um mesmo valor no eixo horizontal teríamos várias imagens, o que não representa uma função. A representação gráfica abaixo, feita por um dos grupos da turma, ilustra este erro.



⁹ O professor de Matemática deu retorno aos alunos dia 08 de janeiro de 2007. A turma já estava no terceiro período e foi denominada de BM 131. Este professor passou a ser, por escolha dos alunos, o professor representante desta turma.

- Os grupos A e D (um de cada momento desta experiência) preencheram incorretamente a coluna variação de massa, pois se havia perda de quantidade de massa, essas variações deveriam ser negativas e não positivas como foi apresentado por esses dois grupos.

- O grupo B registrou incorretamente, o valor inicial da massa da substância, gerando ainda mais erros.

- O grupo B apresentou inconsistência na redação de suas conclusões, pois o conceito de calor latente foi duas vezes empregado de forma incorreta.

- Os grupos que trabalharam somente com a água (A, B e C) não foram atentos o suficiente para perceberem que o texto, apresentado pelo professor exemplificando o uso da planilha do Excel, era de uma experiência diferenciada, que continha além da água, sulfato de manganês e alumínio. Mesmo assim apresentaram como título para seus gráficos a mesma informação daquele exemplo.

- O grupo D mostrou atenção com a fala do professor de Matemática, utilizando na redação de sua conclusão idéias apontadas por este professor, que correspondiam aos pontos de inflexão dos gráficos apresentados. Mas, por descuido, os alunos cometeram erro de digitação.

- O grupo C, acertadamente, registrou os problemas que enfrentou durante a sua aula experimental. Entre eles, a distância de sua bancada até a balança que foi utilizada para medições e as perdas substanciais de energia durante o trajeto de cada aluno até a respectiva balança. Além disso, um dos termômetros utilizado por este grupo apresentou problemas ao final da experiência, deixando os alunos inseguros. Os professores procuraram tranquilizá-los, deixando claro que, experimentos laboratoriais estão sempre sujeitos a imprevistos.

- Constatou-se que houve dedicação dos alunos na elaboração dos relatórios desse segundo experimento e espírito de colaboração entre eles.

- A forma de envio dos resultados dos alunos (eletronicamente) aproximou ainda mais os professores de seus alunos.

Os dados obtidos pelos alunos no laboratório durante os experimentos foram utilizados pelos professores-pesquisadores para obtenção dos gráficos esperados e foram comparados com os que os alunos apresentaram. Estas comparações foram também apresentadas aos alunos pelo professor de Matemática.

Os dados obtidos pelos professores durante o ensaio que realizaram no laboratório de Química Geral, geraram um outro gráfico que foi incluído junto com os dos alunos para comparação. Estes gráficos foram associados a outros dados relativos à segunda parte desse experimento (com o uso do naftaleno) gerando um texto informativo, a título de finalização. Algumas conclusões parciais dos professores-pesquisadores foram também incluídas na construção desse texto.

Conclusões parciais da pesquisa

O ambiente do Cefet Química, onde o ensino é integrado, com o nível médio e o técnico se desenvolvendo simultaneamente, foi um facilitador para que a pesquisa pudesse acontecer.

O saber interdisciplinar dos respectivos professores-pesquisadores foi desenvolvido através de um modelo construtivista para a formação continuada de professores em desenvolvimento profissional, uma vez que as reflexões feitas em conjunto partiam sempre das concepções iniciais dos professores e tinham textos de pesquisa em Educação em ciências como detonadores de discussões que levavam a posicionamentos diferentes. O conhecimento específico de um tema da Física foi compartilhado entre professores de Matemática e de Química que colaboraram para a construção de um laboratório didático capaz de gerar aprendizagens significativas para alunos e professores.

Os erros dos alunos, identificados nos relatórios, somados às leituras feitas pelos professores-pesquisadores, se tornaram indicadores de que um trabalho realizado em laboratório

didático onde situações-problema, procedimentos e conclusões fossem desenvolvidos com estruturas menos rígidas e com os alunos desenvolvendo esses mesmos passos de forma mais independente enriqueceria o ensino-aprendizagem das disciplinas envolvidas neste estudo. Acreditamos que a novidade do conteúdo – a termogravimetria – causou a rigidez do planejamento realizado nessa experiência e o aprendizado dos professores será de fundamental importância para o desenho de um novo laboratório sobre o mesmo tema.

Verificou-se no currículo escolar da Física ser possível trabalhar com a Calorimetria de forma interativa com as disciplinas Matemática e Química, proporcionando aos alunos um maior interesse por esse tema.

Entre os conteúdos matemáticos trabalhados neste estudo, o conceito de função se destacou, pois além de ser um estruturante (Pietrocola, 2002) para as idéias físicas envolvidas neste trabalho, pôde ser revisto pelos alunos, dando a eles maior visibilidade quanto à definição desse conceito matemático.

As atitudes de valorizar a Ciência e os procedimentos de realizar medidas com cuidado evidenciaram-se neste trabalho interativo realizado pelos professores-pesquisadores.

O professor de Matemática adquiriu outro tipo de experiência quando entrou em contato com equipamentos do laboratório-didático.

Os estudos realizados em conjunto pelos dois professores durante este trabalho colaboraram para uma revisão das visões de Ciências desses professores e os aproximou da história do ensino de Química junto aos ensinamentos de Física e de Matemática. Isto se deveu ao fato de encontrarmos na Termogravimetria elementos unificadores para essas disciplinas e cujo resgate foi possível utilizando-se como referência o livro *Curso de Química Analítica Quantitativa* (Lopes, 1953) para a realização desse experimento. Esta técnica interdisciplinar que já era desenvolvida pelo autor deste livro há décadas foi resgatada e adaptada para este experimento laboratorial didático.

O laboratório didático, além de ter sido o veículo de aproximação dos professores das disciplinas Física, Matemática e Química, possibilitou a apresentação de conteúdos matemáticos com significado para o futuro desses jovens estudantes.

Referências bibliográficas

- AGUIAR JR, O.; FILOCRE, J. O planejamento do ensino a partir de um modelo para mudanças cognitivas: um exemplo na Física Térmica. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 19, n.3, 314-340, 2002.
- ALARCÃO, I. Professores reflexivos em uma escola reflexiva. *Coleção Questões da Nossa Época*, v. 104. 3. ed. São Paulo: Cortez, 2004.
- ARAÚJO, M.S.T.; ABIB, M.L.V.S. Atividades experimentais no ensino de Física: diferentes enfoques, diferentes finalidades. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v.25, n.2,176-194, 2003.
- CARVALHO, A. M. P. & CARMO, A. B. Iniciando os estudantes na matemática da física através de aulas experimentais investigativas. In: *Encontro de pesquisa em ensino de Física* (EPEF), 10, 2006, Londrina, PR.
- CINDRA, J. L.; TEIXEIRA, O. P. B. Uma discussão conceitual para o equilíbrio térmico. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 21, n. 2, 176-193, 2004.
- _____ A evolução das idéias relacionadas aos fenômenos térmicos e elétricos: algumas similaridades. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v.22, n.3, 364-378, 2005.
- ELLIOTT, J. *El cambio educativo desde la investigación-acción*. Madrid: Morata, 1993.
- FAZENDA, I. C. A. (Org.) *Práticas Interdisciplinares na Escola*. 7. ed. São Paulo: Cortez, 2001.

- GUIMARÃES, L. A.; FONTE BOA, M. C. *Coleção Física: Termologia e Óptica: v.2*. Niterói: Futura, 2004.
- JENKINS, E. W. School science, citizenship and the public understanding of science. Centre for Studies in Science and Mathematics Education, University of Leeds, Leeds, UK *International Journal of Science Education*, 21(7), 703-710, 1999.
- LOPES, H. D. S. *Curso de Química Analítica Quantitativa*. Rio de Janeiro: Marques - Saraiva - Estabelecimentos Gráficos S/A, 1953.
- MAIA, L. P. M. A Calorimetria. *Calor e Acústica* (p. 45-55). Rio de Janeiro: Latino Americana, 1963.
- MALVERN, D. *Mathematical models in science*. In: Gilbert, J.K. & Boulter, C.J. Developing models in sciencs education. Dordrecht: Kluver. p.1-28, 2000.
- MORAES, R.; MANCUSO, R. (orgs.). *Educação em Ciências: produção de currículos e formação de professores*. Ijuí: Ed. Unijuí, 2004.
- MORIN, A. *Pesquisa-ação integral e sistêmica*. Rio de Janeiro: DP&A, 2004.
- PIETROCOLA, M. A Matemática Como Estruturante do Conhecimento Físico. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 19, n. 1, 93-114, 2002.
- PIMENTA, S. G.; GHEDIN, E. (Orgs.) *Professor reflexivo no Brasil: gênese e crítica de um conceito*. São Paulo, Cortez, 2002.
- PORTO, A. V. L.; FIGUEIREDO, D. B.; DENARDIN, J. C.; PALANDI, J.; MAGNO, P. R. *Física do Calor* (p. 16-18). Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2000.
- QUEIROZ, G. Professores Artistas-Reflexivos de Física no Ensino Médio. *Tese de Doutorado apresentada ao Departamento de Educação da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro*. Rio de Janeiro, 2000.
- REZENDE, F.; OSTERMANN, F. A prática do professor e a pesquisa de Física: novos elementos para repensar essa relação. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v.22, n.3,316-337, 2005.
- SCHEIN, Z. P.; COELHO, S. M. O papel do questionamento: intervenções do professor e do aluno na construção do conhecimento. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v.23, n.1, 72-98, 2006.
- SÉRÉ, M. G.; COELHO, S. M.; NUNES, A. D. O papel da experimentação no ensino da Física. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v.20, n.1, 30-42, 2003.
- SILVEIRA, F. L. A metodologia dos programas de pesquisa: a epistemologia de Imre Lakatos. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v.13, n.3, 219-230, 1996.
- SILVEIRA, F. L.; OSTERMANN, F. A insustentabilidade da proposta indutivista de “descobrir a lei a partir de resultados experimentais”. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v.19, número especial, 7-27, 2002.
- STRATHERN, P. O grande mistério do flogístico. In: Strathern, P. *O sonho de Mendeleiev: a verdadeira história da química*. (p. 175-193). Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2002.
- TABACHNICK, B.R. & ZEICHNER, K. M. Idea and Action: Action Research and the Development of Conceptual Change Teaching of Science. *Science Education*, v.83 n.3, 309-322, 1999.
- TARDIF, M. Saberes docentes e formação profissional. Petrópolis: Vozes, 2002.
- WALVY, O. (1998a). A Matemática e a Química em Parceria: Uma Proposta de Interação entre a Matemática, a Físico-Química e a Química Geral. Rio de Janeiro. *Dissertação de Mestrado apresentada ao corpo docente do Núcleo de Mestrado em Educação Matemática da Universidade Santa Úrsula*. Rio de Janeiro, 1998.
- WALVY, O. (1998b). Interaction entre Les Mathématiques et La Chimie. Trabalho apresentado na Commission Internationale Pour L’etude et L’amélioration de L’enseignement des Mathématiques, CIEAEM 50, Neuchâtel, Suíça, 2 a 7 de agosto, 1998.