



A INCORPORAÇÃO DAS CALCULADORAS GRÁFICAS NAS DISCIPLINAS BÁSICAS DOS CURSOS DE FÍSICA E ENGENHARIA

Bruno Sestokas-Filho – bsestokas@mackenzie.com.br

Universidade Presbiteriana Mackenzie, Departamento de Física.

Rua Itambé, 45. São Paulo, SP. CEP: 01239-902.

Fernanda C. Bonafini – fbonafini@yahoo.com

Universidade Estadual Paulista, Pós Graduação em Educação Matemática.

Rua 24A, 1515. Rio Claro, SP. CEP: 13506-900.

Gisele S. Antunes – gica@mackenzie.com.br

Universidade Presbiteriana Mackenzie, Curso de Matemática.

Resumo: *Nos dias atuais o conhecimento assume um papel relevante na consolidação da sociedade tecnológica, principalmente nos cursos de Exatas. Os docentes desses cursos devem estimular atitudes de questionamento reflexivo aos alunos. Ao adotar (ou não) o uso das Tecnologias Informáticas (TI's), o docente deve ter ciência que sua postura poderá influenciar o comportamento e atitude dos alunos no uso de quaisquer tecnologias em sua vida profissional (efeito multiplicador). Nesta perspectiva, trabalhamos ativamente com os alunos dos cursos de Física e de Engenharia da Universidade Presbiteriana Mackenzie. Realizamos atividades que perpassaram por conteúdos de Termodinâmica (equações de Clapeyron e de van der Waals) e de Eletricidade (Impedância, Admitância e lei de Ohm) empregando, de forma pedagógica, uma das TI's presentes no Ensino Superior: as calculadoras gráficas. Neste trabalho, nos apoiamos na metodologia qualitativa para a elaboração de tais atividades e desenvolvimento de suas análises posteriores. Neste artigo apresentamos: 1) as atividades propostas aos alunos; 2) uma análise dos resultados das investigações feitas pelos alunos durante o desenvolvimento dessas atividades; 3) um entrecorte do estado atual dos ensinoss passivo versus ativo nas disciplinas básicas dos cursos de Física e de Engenharia, destacando algumas contribuições no uso das TI's.*

Palavras-chave: *Ensino de Engenharia, Tecnologias Informáticas, Calculadoras Gráficas, Ensinando com tecnologia, Práticas de sala de aula.*

INTRODUÇÃO

Ao longo dos anos ministrando disciplinas de Cálculo Diferencial e Integral e de Física Geral e Experimental nos cursos de Engenharia e de Ciências Exatas, nos deparamos com a seguinte pergunta: *quais são os tipos de tarefas e atividades que podem impulsionar a participação e o engajamento dos alunos, gerando experiências matemáticas significativas?* Com essa questão norteadora, procuramos nesse artigo respondê-la, em parte, dado que essa questão possui uma amplitude e magnitude de respostas aceitáveis.

Acreditamos que nessas *atividades* os estudantes devem ter a postura de questionar o fenômeno, de procurar por diversos tipos de representações matemáticas (analítica, numérica e gráfica) e com isso apresentar e defender uma diversidade de argumentos. Um ambiente propício a esse tipo de comportamento dos estudantes, poderia se caracterizar por tarefas interdisciplinares ou tarefas de aplicação.

Com a pergunta norteadora em mente, geramos diversas atividades, algumas das quais estão descritas nesse trabalho. Classificamos tais atividades como tarefas de aplicação, uma vez que elas foram desenhadas de modo que o aluno pudesse aplicar os conhecimentos por ele já adquiridos e também estivesse aberto a novos conhecimentos. Assim, tais atividades visaram a descoberta e interação do aluno com seus pares e com o professor. Ao desenharmos tais atividades, as fizemos para que o aluno integrasse as Tecnologias Informáticas (TI's) durante seu desenvolvimento. Das TI's disponíveis, utilizamos as calculadoras gráficas em virtude dos alunos as possuírem, além da portabilidade presente nesses instrumentos.

A seguir apresentaremos, brevemente, os tipos de utilização das calculadoras gráficas feitas por professores e alunos seguido, na seção 3, da metodologia empregada nesta pesquisa. As atividades desenvolvidas estão apresentadas na seção 4, seguida das análises das investigações realizadas pelos alunos. Finalizamos este artigo apresentando algumas reflexões acerca deste estudo.

2. O USO DAS CALCULADORAS GRÁFICAS PELOS PROFESSORES E ALUNOS

O uso de TI's no ensino como: recursos de internet (Java applets), softwares matemáticos (Mathematica, Mathcad, Maple, etc) e held-hands (calculadoras gráficas, palm-tops, etc) podem auxiliar na criação de um ambiente que estimule a participação e engajamento dos alunos. Esses recursos possibilitam que o professor desenvolva uma nova abordagem de problemas (clássicos ou não) e construa, em conjunto com os alunos, problemas mais condizentes ao mundo real, como foi abordado em SESTOKAS-FILHO, CASTANHEIRA e ANTUNES (2002).

Diante deste panorama, é necessário incentivar os professores e os alunos a usarem essas TI's, como evidenciaram as pesquisas de KEMP, KISSANE e BRADLEY (1996) que procuraram incorporar o uso da calculadora gráfica na estrutura curricular, possibilitando que o aluno a utilizasse *inclusive* nas provas.

Nesta pesquisa, privilegiamos particularmente a calculadora gráfica, pois é um recurso que está cada vez mais presente em sala de aula, de fácil manuseio, de custo acessível e portátil. A calculadora gráfica pode dar ao aluno e ao professor a possibilidade de recolher, trabalhar e trocar dados com colegas dentro e fora da sala de aula, não só nas atividades de Matemática, mas também em aulas de Física, Química, Biologia e disciplinas afins de cada currículo. Nas atividades presentes neste artigo, os alunos utilizaram a calculadora gráfica HP 48 série G devido a maioria possuir tal modelo. Os resultados da pesquisa sobre a posse, o manuseio e o tipo de calculadora gráfica que o aluno possui, foram descritos em SESTOKAS-FILHO, CASTANHEIRA e ANTUNES (2002).

A seguir, descreveremos o uso das calculadoras gráficas primeiramente pelos professores e posteriormente pelos alunos.

2.1 Pelos Professores

Em BONAFINI e SESTOKAS-FILHO (2003) analisamos o uso das calculadoras gráficas pelos professores e alunos nos cursos de Engenharia e verificamos os principais comportamentos dos professores que: *i)* não utilizam a calculadora gráfica em sala de aula; *ii)* não as utilizam nas aulas, embora permitam que os alunos as portem nas provas e *iii)* aderem ativamente a sua utilização em aula.

Os argumentos dos docentes acima variaram quanto a não utilização de calculadoras gráficas em aula. Dentre eles citamos argumentos de ordem técnica (possível heterogeneidade de modelos e marcas existentes), implicando que o professor dominasse diferentes tipos de equipamentos. Outras dificuldades também foram citadas pelos docentes quanto ao uso da calculadora gráfica: a complexidade no modo de operação, as dificuldades na programação, a exigência que o aluno domine alguns tipos de algoritmos característicos de algumas disciplinas, além dos docentes se auto-julgarem com poucas habilidades no uso desse instrumento e a falta de tempo para se dedicarem ao seu uso pedagógico em suas respectivas disciplinas.

Para os professores que não utilizam as calculadoras gráficas nas aulas, porém permitem que os alunos as portem nas provas, pontuamos a principal justificativa dessa categoria, que está no sub-uso das calculadoras gráficas, ou seja, elas são empregadas como calculadoras científicas e, por esse motivo, são permitidas em provas. Desse modo, a calculadora toma um forte apelo de instrumento de conferência de cálculos algébricos, inicialmente para o professor e posteriormente para o aluno.

Em contra-partida, há docentes que aderem ativamente ao uso das calculadoras gráficas em sala de aula. Exemplos deste uso estão apresentados em diversos trabalhos, tais como: ANTUNES e SESTOKAS-FILHO (2002), BALDIN e BALDIN (2001), CEDILLO (2002), GIORGETTI (2002), OLDKNOW (2000), SESTOKAS-FILHO e BONAFINI (2000, 2001, 2002), SESTOKAS-FILHO (2003) e SOLER e SOUZA (2001). Em nossa vivência acadêmica, acreditamos que a incorporação da calculadora gráfica em sala possa ser feita durante a própria aula, num período mínimo de 20 minutos, deixando que os alunos trabalhem em grupos orientados pelo professor.

2.2 Pelos Alunos

Com relação aos alunos, percebemos que houveram vários níveis de utilização da calculadora gráfica: *i)* aqueles que a utilizam para qualquer cálculo; *ii)* aqueles que possuem dificuldades ao confrontarem resultados obtidos com o lápis e papel e o resultado mostrado na calculadora gráfica; *iii)* aqueles que a utilizam deficientemente conduzindo a erros de interpretação de resultados gráficos e, ainda, *iv)* aqueles que utilizam a calculadora gráfica fora da sala de aula.

Para os alunos que se apoiavam na calculadora para qualquer cálculo, observamos o uso imaturo desse instrumento por parte do aluno e uma negligência por parte do professor na condução do uso. Muitas vezes esse aluno tem ciência que sua calculadora possui funções gráficas, mas é incapaz de utilizá-las ou ter interesse por essas possibilidades.

Apoiados na observação percebemos que a principal característica que nomeia a segunda categoria se faz presente nos alunos que possuem algumas dificuldades ao confrontarem os resultados obtidos com o lápis e papel com resultados mostrados na calculadora gráfica. Neste

caso em específico, os alunos não sabem interpretar a resposta fornecida pela calculadora, ou seja, não possuem conhecimentos matemáticos para tal confrontação.

Na terceira categoria, classificamos os alunos que possuem um conhecimento deficiente em relação à manipulação da calculadora gráfica conduzindo, em geral, a erros de interpretação dos resultados gráficos apresentados. Novamente, através da observação realizada, percebemos que uma consequência da má visualização (ajuste da janela gráfica) poderá gerar distorções na aquisição de conceitos.

Caracterizando a metodologia empregada denotamos, mais precisamente das observações, uma categoria que emergiu dos dados, que foi a utilização da calculadora gráfica pelos alunos fora da sala de aula. Notamos que os alunos utilizavam amplamente a calculadora gráfica em momentos de monitoria, nos estudos individuais ou em grupo.

Procuramos, nessa seção, discorrer sobre os possíveis usos da calculadora gráfica feitos por professores e alunos. A seguir, apresentamos a metodologia utilizada nessa pesquisa, bem como os procedimentos metodológicos para a coleta e análise dos dados.

3. METODOLOGIA

Em consonância com nossa indagação, utilizamos como metodologia a abordagem qualitativa de pesquisa, pois como GOLDENBERG (2000, p. 14) afirma nesta perspectiva “a preocupação do pesquisador não é com a representatividade numérica do grupo pesquisado, mas com o aprofundamento da compreensão de um grupo social, de uma organização, de uma trajetória etc”.

Sabemos que a abordagem qualitativa em uma pesquisa também “consiste em descrições detalhadas de situações com o objetivo de compreender os indivíduos em seus próprios termos” (*Ibid*, p. 53) de modo que acreditamos ser esta a metodologia mais indicada para nossa investigação, uma vez que estamos preocupados em impulsionar a participação e engajamento dos alunos gerando, assim, experiências matemáticas significativas.

3.1 Procedimentos Metodológicos

Como procedimento metodológico, nos valem da observação participante e fichas de trabalho.

Para desenvolvimento das atividades com os alunos (sujeitos dessa pesquisa), utilizamos como técnica de coleta de dados a observação participante não-estruturada, como afirma ALVES-MAZZOTTI e GEWANDSZNAJDER (2001, p. 166), “[é aquela que] os comportamentos a serem observados não são predeterminados, eles são observados e relatados da forma que ocorrem, visando descrever e compreender o que está ocorrendo numa dada situação”. Esses autores ainda afirmam que “nesta observação, o pesquisador se torna parte da situação observada, interagindo por longos períodos com os sujeitos” (p. 166). A observação teve um caráter natural, pois o primeiro autor deste artigo, durante o primeiro semestre do ano letivo de 2003 foi docente dos sujeitos observados.

O primeiro autor vem aplicando e aprimorando diversas atividades com o uso de calculadoras gráficas (que se tornaram fichas de trabalho) desde 1999 (SESTOKAS-FILHO e BONAFINI, 2000).

Além da observação participante, utilizamos também fichas de trabalho, as quais nos auxiliaram na coleta de dados e suas análises posteriores. Essas fichas, apresentadas no apêndice, contêm questionamentos e encaminhamentos, além de dados iniciais característicos do fenômeno de cada atividade. Essas foram concebidas para os alunos as desenvolverem de modo a trabalhar, em um primeiro momento, com lápis e papel para em um segundo momento, as utilizarem com uma calculadora gráfica.

3.2 Contexto e Participantes

Na abordagem qualitativa, a escolha do campo onde serão colhidos os dados, bem como os participantes, é feita em função das questões de interesse do estudo, das condições de acesso e permanência no campo, além da disponibilidade dos sujeitos (ALVES-MAZZOTTI e GEWANDSZNAJDER, 2001).

No que se refere aos participantes das atividades tivemos: o professor que aqui atuou como pesquisador e os alunos que foram sujeitos da pesquisa. Em relação aos últimos, esses eram alunos das disciplinas Termodinâmica I (5ºS) e Física Experimental I (1ºS) regularmente matriculados, respectivamente, nos cursos de Física e de Engenharia da Universidade Presbiteriana Mackenzie. Como a pesquisa teve um caráter natural, o local de coleta de dados se consolidou na própria sala de aula da Universidade. A coleta se realizou em diversos períodos do primeiro semestre de 2003.

Apresentados o contexto da pesquisa e seus participantes descreveremos, nas próximas seções, as atividades realizadas bem como suas análises.

4. ATIVIDADES DESENVOLVIDAS

As atividades apresentadas no apêndice foram executadas em um período mínimo de vinte minutos e máximo de cinquenta minutos do tempo da aula. Elas estão disponibilizadas na URL: <http://www.geocities.com/aprendendocomcalculadoras> (SESTOKAS-FILHO, 2003).

As atividades que envolveram a construção de gráficos (Clapeyron, van der Waals e Resistência) tiveram dois momentos: primeiramente, os alunos desenvolveram (em casa) as atividades no papel, para que na aula seguinte, fossem desenvolvidas com o uso da calculadora gráfica. É necessário ressaltar que ambas as mídias educacionais são instrumentos coadjuvantes no processo de aquisição de conhecimento do estudante.

Inicialmente, os alunos trabalharam individualmente e, posteriormente, o docente incentivou a discussão da atividade em pequenos grupos, visando que os alunos levantassem conjecturas, formulassem hipóteses e verificassem os resultados. Os dados que foram trabalhados estão nas atividades, apresentados no apêndice.

Toda a atividade foi iniciada com uma pequena introdução teórica visando situar o aluno no contexto proposto. Primeiramente, retomamos os conceitos e as nomenclaturas básicas para, então, desenvolvermos as atividades.

4.1 Equação de Clapeyron

Quando o aluno constrói o gráfico pressão versus volume molar ($P \times v$) ele percebe que a curva matemática que melhor se ajusta aos dados é uma hipérbole, cujo domínio dos parâmetros físicos é o primeiro quadrante.

A inserção dos dados (v , $1/v$ e P) no *Matrix Writer*, os dados disponibilizados na Pilha 1, os parâmetros para a construção do gráfico de pontos (*Scatterplot*) e o gráfico ($P \times v$) na tela da calculadora estão, respectivamente, apresentados na Figura 1. Note que a escolha das colunas 1 e 3 (v e P , respectivamente) fornece a hipérbole.



Figura 1: Inserção dos dados e seu gráfico de pontos associado.

Os dados para linearizar o gráfico (anamorfose do volume) estão inseridos na coluna 2. A Figura 2 mostra, respectivamente, os parâmetros para a construção do gráfico de pontos (*Scatterplot*) escolhendo as colunas 2 e 3 (1/v e P, respectivamente) e o gráfico anamorfoseado ($P \times 1/v$) na tela da calculadora. Note que a temperatura absoluta da isoterma pode ser obtida do coeficiente angular da reta: $T = 22,53/0,082 \cong 274,8$ K, ou seja, $\theta = 1,8$ °C.

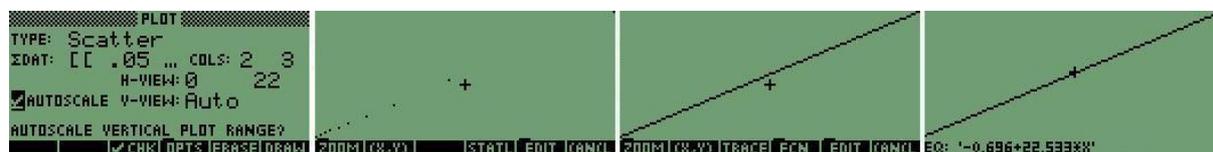


Figura 2: Gráfico e ajuste dos pontos por um modelo linear.

4.2 Equação de van der Waals

Para o CO_2 , os parâmetros de van der Waals ($a = 336 \text{ kJ}\cdot\text{m}^3/\text{kmol}^2$ e $b = 0,0429 \text{ m}^3/\text{kmol}$) devem ter suas unidades uniformizadas em função dos dados apresentados. A Figura 3 apresenta a inserção do parâmetro a e o resultado para a conversão requerida.



Figura 3: Transformação de unidades do parâmetro a para o CO_2 .

A Figura 4 mostra a função matemática para a pressão, no modelo de van der Waals, inserida no *Equation Writer*. Utilizando o ambiente *Solver*, podemos obter os valores para a pressão em função do volume molar. Note que a isoterma a ser estudada está a $T = 258$ K ($\theta = -15$ °C).



Figura 4: Inserção de função e uso do *Solver*.

Os parâmetros do gráfico de função (*Function*) e o respectivo gráfico estão apresentados na Figura 5. Note que o posicionamento do cursor próximo à região do ponto extremante possibilita a obtenção dos valores dos pares (volume e pressão).

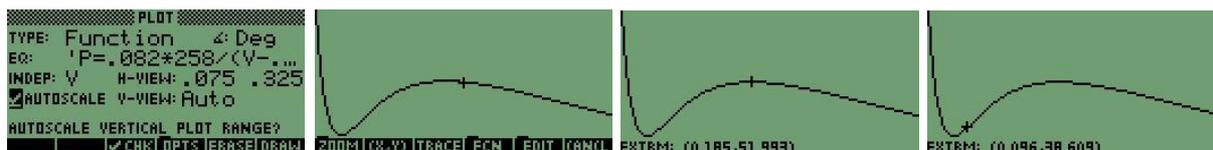


Figura 5: Gráfico da função e seus valores extremantes.

A Figura 6 mostra os parâmetros do gráfico 3-D (*Wireframe*) e seu respectivo gráfico possibilitando visualizar diversas isotermas para este modelo. Esse tipo de gráfico permite determinar o ponto de vista do display, em *XE* (largura ou horizontal), *YE* (profundidade)

e ZE (altura ou vertical). Esses parâmetros permitem visualizar o gráfico de diversos pontos de vista. Note que, no *input* obtemos os pares de valores para volume e temperatura, enquanto que no *output* obtemos o valor para a pressão.



Figura 6: Gráfico das isotermas utilizando o Wireframe.

4.3 Impedância e Admitância

No estudo da associação de elementos em circuitos elétricos, duas grandezas são particularmente importantes: impedância \underline{Z} e admitância \underline{Y} . Como essas grandezas são complexas (ver apêndice), podemos expressá-las nas formas cartesiana ou polar (fasorial).

Os parâmetros dos circuitos elétricos estudados estão apresentados no apêndice. A Figura 7 apresenta os resultados para a impedância e admitância nas formas cartesiana e polar do circuito série.

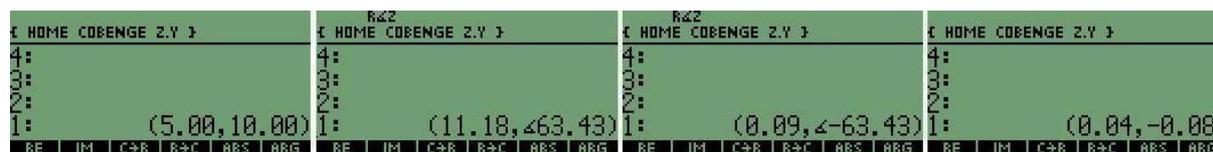


Figura 7: Representações cartesiana e polar da impedância e da admitância.

A impedância nas formas cartesiana e polar para o circuito de dois elementos paralelos está apresentada na Figura 8. Note que são mostradas todas as operações realizadas.

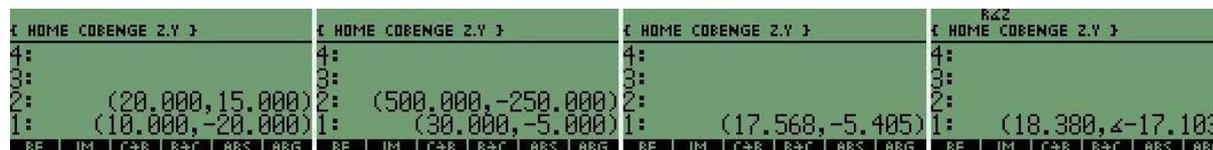


Figura 8: Representações cartesiana e polar da impedância.

4.4 Resistência e Resistividade

A Figura 9 mostra, na seqüência, as telas de inserção dos dados corrente e tensão (I e U) no *Matrix Writer*, os dados disponibilizados na Pilha 1 e a escolha para o ajuste dos dados.

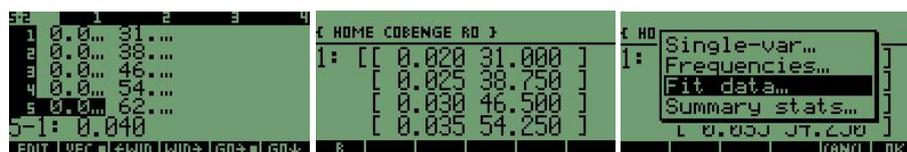


Figura 9: Inserção e ajuste de dados.

A entrada dos dados, os parâmetros do ajuste linear (*Linear Fit*) e os resultados estatísticos estão apresentados na Figura 10. Todos os ajustes são feitos utilizando o método dos mínimos quadrados. A calculadora fornece os parâmetros da reta e os coeficientes de correlação e de covariância. Note que o coeficiente de correlação foi 1,000.



Figura 10: Ajuste linear e resultados estatísticos.

A Figura 11 mostra os parâmetros para a construção do gráfico de pontos (*Scatterplot*) escolhendo as colunas 1 e 2 (**I** e **U**, respectivamente) e o gráfico na tela da calculadora. Note que a resistência pode ser obtida do coeficiente angular da reta: $R = 1550 \Omega$.

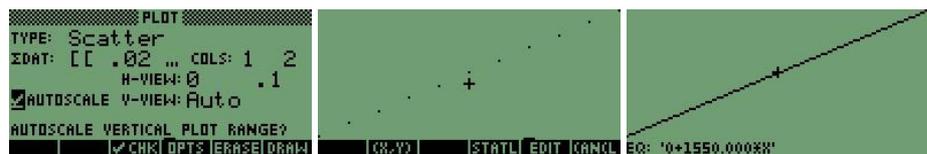


Figura 11: Gráfico e ajuste dos pontos por um modelo linear.

Como complemento final desta atividade, retiramos do HALLIDAY, RESNICK e WALKER (1996), a obtenção da resistividade de um material utilizando a lei de Ohm para a potência (conforme final da última atividade que consta no apêndice e disponível no *site*). A Figura 12 mostra a função matemática para a potência inserida no *Equation Writer*. Utilizando o *Solver Equation*, podemos obter o valor para a resistividade ρ do material.

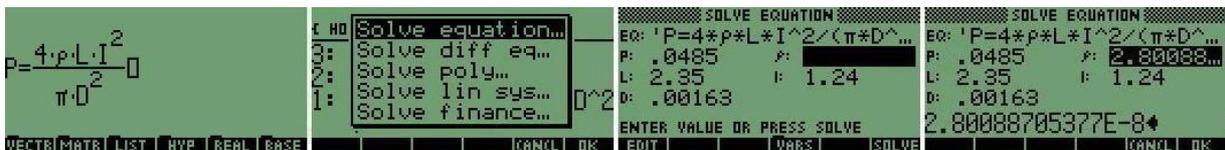


Figura 12: Uso do *Solve Equation* para obtenção da resistividade.

A Tabela 1 (dados adaptados de HALLIDAY, RESNICK e WALKER, 1996) lista as resistividades de alguns materiais.

Tabela 1 – Resistividades de materiais:

Materiais	Prata	Cobre	Alumínio	Tungstênio	Ferro	Platina
ρ ($\cdot 10^{-8} \Omega.m$)	1,62	1.69	2,75	5,25	9,68	10,60

Por inspeção na Tabela 1, o material é o alumínio, obtendo um erro relativo percentual para o valor da resistividade menor que 2%.

5. ANÁLISE DAS INVESTIGAÇÕES FEITAS PELOS ALUNOS

À medida que os dados foram coletados, procuramos identificar relações, construindo interpretações e procurando possíveis relações para responder nossa pergunta inicial. Deste modo, os procedimentos de análise dos dados se iniciaram ainda durante a coleta e se intensificaram posteriormente a esta, com a análise das fichas de trabalho.

De modo geral, as atividades foram realizadas pelos alunos num primeiro momento, com lápis e papel e, posteriormente, com uma calculadora gráfica. Notamos que o uso da

calculadora gráfica acabou por provocar uma alteração na dinâmica da aula e no relacionamento dos participantes. Com a introdução da calculadora gráfica, houveram mudanças na dinâmica de resolução dos próprios exercícios e na constatação de suas respostas pelos alunos.

Com a inserção desse instrumento, percebemos que os alunos iniciaram uma discussão pela sua utilização. Houve uma intenção de convencimento por aqueles que utilizavam a calculadora em função daqueles que não utilizavam e esse comportamento gerou uma espécie de resistência aos alunos que não utilizavam. Detectamos essas condutas como um processo de “*cabo-de-guerra*”, o qual decididamente não houveram “*vencedores*” nem “*perdedores*”. Foi estabelecido, assim, um processo de “*ganha-ganha*”, ou seja, com as discussões geradas pelos alunos e orientadas pelo professor, não houveram perdas e sim ganhos. Desta maneira todos ganharam novas experiências ao resolver uma determinada atividade sem e com o uso da calculadora e percebemos ainda, indícios de mudança comportamental nesses alunos. Nos referimos a mudança comportamental dos alunos, pois eles passaram a encarar mais crítica e analiticamente as disciplinas e o curso de um modo geral.

6. ALGUMAS REFLEXÕES ACERCA DO ESTUDO

Direcionamos nossas reflexões aos docentes e conseqüentemente aos alunos, além de tecer considerações em relação ao ensino passivo versus ativo procurando destacar possíveis contribuições das calculadoras gráficas para esses dois grupos.

Com a pergunta inicial em mente informamos que, para trabalharmos com atividades, como as propostas nesse artigo, o professor deverá adaptar suas práticas e suas avaliações visando o trabalho participativo do aluno. Disso decorre uma busca no desenvolvimento do espírito crítico e da colaboração, estimulando assim atitudes de questionamento.

Percebemos, nessas atividades, que o uso das calculadoras gráficas auxiliaram na transformação de um ensino passivo (professor fala, aluno escuta) para um ensino ativo (professor e aluno discutem, de modo a chegar ao objetivo do tópico proposto por uma determinada atividade), de forma que as TI's agiram como mediadoras desse processo. Como ressaltamos em outro artigo (BONAFINI e SESTOKAS-FILHO, 2003), esses comportamentos desafiadores decorrentes da integração das TI's ao ambiente educacional impõem mudanças estruturais à ação docente e às formas de ensinar. Assim, o papel do professor estará concentrado na validação de determinados conceitos e discussões, do que na anunciação desses.

Em relação aos alunos, alertamos que seu envolvimento com o uso das TI's, mais especificamente, as calculadoras gráficas, podem ser facilitadas através das experiências que tiverem em seu período de formação. Deste modo, o docente deverá estar ciente que a opção pela adoção (ou não) das TI's em sua prática, poderá influenciar o comportamento e atitude desses alunos no uso de quaisquer tecnologias em sua vida profissional e/ou acadêmica, o que denominamos de efeito multiplicador.

Agradecimentos

Este trabalho foi parcialmente financiado pelo Instituto Presbiteriano Mackenzie (BSF e GSA) através do Mackpesquisa processo nº 068/01.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES-MAZZOTTI, A. J.; GEWANDSZNAJDER, F. **O Método nas Ciências Naturais e Sociais: Pesquisa Quantitativa e Qualitativa**. São Paulo: Pioneira, 2001.

- ANTUNES, G.S.; SESTOKAS-FILHO, B. Análise Comparativa da Convergência das Funções de Bessel Utilizando uma Calculadora HP48 Série G e o Mathematica. In: 2º CONGRESSO NACIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 2002, São Carlos. *Anais do 2º CONIC-SEMESP*. São Carlos: UNICEP, 2002. p. 459.
- BALDIN, Y.Y.; BALDIN, N. Calculadoras Gráficas como Auxiliar Didático no Ensino de Matemática para as Engenharias. In: XXIX CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO DE ENGENHARIA (COBENGE). *Anais Eletrônicos*. Porto Alegre: PUCRS, 2001. p. 112-118.
- BONAFINI, F.C.; SESTOKAS-FILHO, B. Análise das Possibilidades para o Uso das Calculadoras Gráficas nos Cursos de Engenharia. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENGINEERING AND COMPUTER EDUCATION (ICECE 2003). *Anais Eletrônicos*. Santos: Universidade Santa Cecília, 2003.
- CEDILLO, T.E. **Un Modelo Didáctico para El Uso de la Calculadora en El Aula**. URL: <http://sec21.ilce.edu.mx/matematicas/calculadoras/Modelo-didactico.html>, 01/05/2000.
- GIORGETTI, M. Simulação Matemática de Problemas de Engenharia: Sobre a Arte da Formulação de Modelos Matemáticos. In: VII INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENGINEERING AND TECHNOLOGY EDUCATION (INTERTECH 2002). *Anais Eletrônicos*. Santos: Faculdade SENAC de Ciências Exatas e Tecnologia, 2002.
- GOLDENBERG, M. **A Arte de Pesquisar: Como Fazer Pesquisa Qualitativa em Ciências Sociais** (4ª ed.). Rio de Janeiro: Record, 2000.
- HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de Física** (4ª ed.). Rio de Janeiro: LTC Editora, 1996.
- KEMP, M.; KISSANE, B.; BRADLEY, J. Graphics Calculator Use in Examinations: Accident or Design? *Australian Senior Mathematics Journal*, 10(1), p.36-50, 1996.
- KISSANE, B. Personal Technology and the Calculus. *Reflections*. v. 23, n. 1, p. 28-31, 1998.
- OLDKNOW, A. Personal Computing Technology: Use and Possibilities. In: TEACHERS TEACHING WITH TECHNOLOGY COURSE PROGRAM. The Ohio State University, USA, 2000, p. 33-37.
- SESTOKAS-FILHO, B. **Aprendendo com Calculadoras**. URL: <http://www.geocities.com/aprendendocomcalculadoras>, 03/03/2003.
- SESTOKAS-FILHO, B.; BONAFINI, F.C. Graphics Calculator as a Personal Mathematical Assistant in Engineering Courses. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENGINEERING AND COMPUTER EDUCATION (ICECE 2000). *Anais Eletrônicos*. São Paulo: Faculdade SENAC de Ciências Exatas e Tecnologia, 2000.
- SESTOKAS-FILHO, B.; BONAFINI, F.C. Os Ensinamentos da Matemática e da Física podem ser Conectados Através de Calculadoras Gráficas? In: 53ª REUNIÃO ANUAL DA S.B.P.C. Seção G.3.8-Educação Matemática, *Anais Eletrônicos*. Salvador: UFBA, 2001.
- SESTOKAS-FILHO, B.; BONAFINI, F.C. The Use of Graphics Calculators to Extract Meaning from Parameters. In: VII INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENGINEERING AND TECHNOLOGY EDUCATION (INTERTECH 2002). *Anais Eletrônicos*. Santos: Faculdade SENAC de Ciências Exatas e Tecnologia, 2002.
- SESTOKAS-FILHO, B.; CASTANHEIRA, A.M.P.; ANTUNES, G.S. O Ensino de Cálculo e a Construção do Conhecimento. In: XXX CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO DE ENGENHARIA (COBENGE). Piracicaba. *Anais Eletrônicos*. Piracicaba: Universidade Metodista de Piracicaba, 2002.



SOLER, J. G. M.; SOUZA, A. M. Programa Didático de Característica Geométrica de Seção Transversal para HP 48 Série G e HP 49. In: XXIX CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO DE ENGENHARIA, 2001. Porto Alegre. **Anais Eletrônicos**. Porto Alegre: PUCRS, 2001.

INCORPORATION OF GRAPHICS CALCULATORS IN BASIC DISCIPLINES AT PHYSICS AND ENGINEERING COURSES

Abstract: *Nowadays, the knowledge assumes a relevant role in consolidation of the technological society, mainly in Exact courses. The teachers of these courses ought to stimulate attitudes of reflexive questioning to his students. In adopting (or not) the use of Informatics Technologies (IT's), the teacher must have in mind that this will influence the students' behavior and attitude in the use of any technologies in their professional life (multiplying effects). In this perspective, we work actively with students of Physics and Engineering Courses at the Mackenzie Presbyterian University. We carry out activities that had an approach on Thermodynamics (Clapeyron and van der Waals equations) and Electricity (Impedance, Admittance and Ohm law) using, in a pedagogical manner, one of the IT's that is presented at High school: the graphic calculator. In this paper, we work on qualitative methodology elaborating such activities and development of its posterior analyses. In this article we present: 1) the activities proposed to the students; 2) the analysis of the results with investigation done by the students' performance during the development of these activities; 3) a connection of the current state on active and passive learning at basic disciplines in Physics and Engineering Courses, detaching some contributions in the use of the IT's.*

Key words: *Engineering teaching, Informatics technologies, Graphic calculators, Teaching with technology, Classroom practices.*

APÊNDICE

M Faculdade de Ciências Biológicas, Exatas e Experimentais			NOTA:
Nome do(a) Aluno(a):	Matrícula Nº:	Nota da Atividade / Atividade:	
Disciplina: TERMO DINAMICA I	Código: 070-1582.8	Avaliação Nº: 1	Nota: / /
Conteúdo programado: Apostamentos próprios	Turma: F	Data: / /	Data final: / /

Equação de Clapeyron

Em uma experiência para verificação da lei dos gases ideais, um estudante obtve os seguintes dados:

P (atm)	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60
V (cm ³)	43,5	22,5	15,2	11,0	9,0	7,3	6,3	5,7	5,0	4,3	3,8	3,2

- Supondo que o gás obedece a equação de Clapeyron, obtenha:
 a) o gráfico ($P \times V$) em papel (8x8) cm, identificando os módulos de escala e as equações de escala;
 b) a temperatura (em °C) a partir de um gráfico ($P \times 1/V$) em papel (8x8) cm, identificando os módulos de escala e as equações de escala;
 c) a equação da reta "média" obtida pelo ajuste visual;
 d) a equação da reta obtida pelo método dos mínimos quadrados;
 e) a pressão (em atm), a partir do gráfico, para o volume molar de 0,28 L/mol;
 f) a pressão (em atm), a partir da equação de Clapeyron, para o volume molar de 0,28 L/mol.

- a) $\lambda_P = \dots$ (/); $\lambda_V = \dots$ (/)
 b) $\lambda_P = \dots$ (/); $\lambda_{1/V} = \dots$ (/); $\theta = \dots$ °C
 c) Ajuste visual: $P(V) = \dots + \dots \frac{1}{V}$ d) Mínimos quadrados: $P(V) = \dots + \dots \frac{1}{V}$
 e) $P_{\text{para}(0,28)} = \dots$ atm f) $P_{\text{equa}(0,28)} = \dots$ atm

Dados:	
R = 0,087 atm.L/mol.K - 8,3143 J/mol.K - 1,987 cal/mol.K - 247,93 kgf.cm/mol.K	
1 Pa (N/m ²) = 10 ⁻⁵ bar (atm/cm ²) = 10 ⁻⁵ bar = 9,87.10 ⁻⁶ atm = 0,103 kgf/cm ² = 7,50.10 ⁻³ mmHg	
1 m ³ = 1000 L, 1 l = 1,10 ⁻³ m ³ = 2,78.10 ⁻⁴ m ³ , 1 cal = 4,186 J, 1 CV = 735,5 W, 1 HP = 745,7 W	

ou

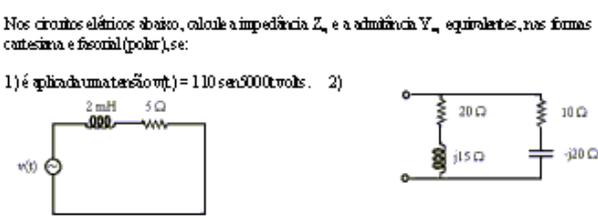
M Escola de Engenharia			NOTA:
Nome do(a) Aluno(a):	Matrícula Nº:	Nota da Atividade / Atividade:	
Disciplina: FÍSICA EXPERIMENTAL I	Código: 070-1178-4	Avaliação Nº: 1	Nota: / /
Conteúdo programado: Apostamentos próprios	Turma: / /	Data: / /	Duração: 20 min.

Impedância e Admitância

No estudo de circuitos elétricos, a impedância pode ser representada no plano complexo por: $Z = R + jX$ (Ω), onde a resistência R está representada no semi-eixo positivo das abscissas e a reatância X está no eixo das ordenadas. O sinal positivo significa reatância indutiva, X_L , enquanto que o sinal negativo indica reatância capacitiva, X_C . Como a resistência não pode ser negativa, os lugares geométricos da impedância estão restritos aos 1º e 4º quadrantes. Em um circuito série, a impedância equivalente é calculada por $Z_{eq} = \sum Z_i$. Se o circuito for paralelo, a impedância equivalente é calculada por $\frac{1}{Z_{eq}} = \sum \frac{1}{Z_i}$. A admitância complexa é representada por $Y = \frac{1}{Z} = G + jB$ [S (siemens) ou mho (ohm ao contrário)], onde a condutância G está no semi-eixo positivo das abscissas e a susceptância B , está no eixo das ordenadas. O sinal positivo indica susceptância capacitiva, B_C , enquanto que o sinal negativo significa susceptância indutiva, B_L . Da mesma forma que a impedância, os lugares geométricos da admitância estão restritos aos 1º e 4º quadrantes. A impedância está relacionada com a admitância por: $Z_{eq} = \frac{1}{Y_{eq}}$.

Nos circuitos elétricos abaixo, calcule a impedância Z_{eq} e a admitância Y_{eq} equivalentes, nas formas cartesianas e fiscais (polar), se:

- 1) é aplicada uma tensão $v(t) = 110 \text{ sen } 5000t$ volts. 2)



$Z_{eq} = \dots = \dots \Omega$	$Z_{eq} = \dots = \dots \Omega$
$Y_{eq} = \dots = \dots S$	$Y_{eq} = \dots = \dots S$

ou

M Faculdade de Ciências Biológicas, Exatas e Experimentais			NOTA:
Nome do(a) Aluno(a):	Matrícula Nº:	Nota da Atividade / Atividade:	
Disciplina: TERMO DINAMICA I	Código: 070-1582.8	Avaliação Nº: 2	Nota: / /
Conteúdo programado: Apostamentos em Geral	Turma: F	Data: / /	Data final: / /

Equação de van der Waals

No estudo da lei dos gases reais, vamos supor que o dióxido de carbono (CO_2) obedece a equação de van der Waals: $(P + \frac{a}{v^2})(v - b) = RT$, onde a e b são constantes obtidas experimentalmente, que dependem do gás. No caso do CO_2 , estas constantes são: $a = 336,000 \text{ Jm}^3/\text{mol}^2$ e $b = 0,0429 \text{ m}^3/\text{mol}$. Para a temperatura de -15°C , complete a tabela abaixo:

P (atm)	0,050	0,075	0,100	0,125	0,150	0,175	0,200	0,225	0,250	0,275	0,300	0,325
v (cm ³)												

- e obtenha:
 a) o gráfico ($P \times v$) em papel (8x8) cm, identificando os módulos de escala e as equações de escala;
 b) o gráfico ($P \times v$) melhor ajustado em papel (8x8) cm, identificando os módulos de escala e as equações de escala. Neste gráfico, esboce a isoterma da temperatura crítica, identificando no gráfico os pontos críticos ($P_c = \frac{a}{27b^2}$; $v_c = 3b$; $T_c = \frac{8a}{27Rb}$);
 c) os valores extremantes utilizando o Cálculo Diferencial, localizando no gráfico estas coordenadas termodinâmicas obtidas.

- a) $\lambda_P = \dots$; $\lambda_v = \dots$; b) $\lambda_P = \dots$; $\lambda_v = \dots$
 $P_c = \dots$ atm; $v_c = \dots$ L/mol; $T_c = \dots$ °C
 c) $v_{\text{min}} = \dots$ L/mol; $P(v_{\text{min}}) = \dots$ atm; $v_{\text{max}} = \dots$ L/mol; $P(v_{\text{max}}) = \dots$ atm

Dados:	
R = 0,087 atm.L/mol.K - 8,3143 J/mol.K - 1,987 cal/mol.K - 247,93 kgf.cm/mol.K	
1 Pa (N/m ²) = 10 ⁻⁵ bar (atm/cm ²) = 10 ⁻⁵ bar = 9,87.10 ⁻⁶ atm = 0,103 kgf/cm ² = 7,50.10 ⁻³ mmHg	
1 m ³ = 1000 L, 1 l = 1,10 ⁻³ m ³ = 2,78.10 ⁻⁴ m ³ , 1 cal = 4,186 J, 1 CV = 735,5 W, 1 HP = 745,7 W	

ou

M Escola de Engenharia			NOTA:
Nome do(a) Aluno(a):	Matrícula Nº:	Nota da Atividade / Atividade:	
Disciplina: FÍSICA EXPERIMENTAL I	Código: 070-1178-4	Avaliação Nº: 2	Nota: / /
Conteúdo programado: Apostamentos próprios	Turma: / /	Data: / /	Duração: 20 min.

Resistência e Resistividade

No estudo de um condutor ôhmico linear a relação entre a diferença de potencial U e a corrente elétrica I é dada por $U = RI$. É possível determinar a resistência elétrica R entre dois pontos quaisquer deste condutor aplicando uma diferença de potencial entre estes pontos e medindo a corrente resultante. Em uma experiência para verificação da lei de Ohm, formulada por Georg Simon Ohm (1789-1854), um estudante obtve os seguintes dados:

I (mA)	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70
U (V)	29,30	40,25	44,5	51,25	65,00	71,25	77,5	83,25	95,00	98,75	110,50

- Supondo que o condutor obedece a lei de Ohm, obtenha:
 a) a resistência (em Ω) a partir de um gráfico ($U \times I$) em papel (8x8) cm, identificando os módulos de escala e as equações de escala;
 b) a equação da reta "média" obtida pelo ajuste visual;
 c) a equação da reta obtida pelo método dos mínimos quadrados;
 d) a tensão, a partir do gráfico, para a corrente de 38 mA;
 e) a tensão, a partir da lei de Ohm, para a corrente de 38 mA.

- a) $\lambda_U = \dots$ (/); $\lambda_I = \dots$ (/); $R = \dots \Omega$
 b) Ajuste visual: $U(I) = \dots + \dots I$; c) Mínimos quadrados: $U(I) = \dots + \dots I$;
 d) $U_{\text{para}(38)} = \dots$ V; e) $U_{\text{equa}(38)} = \dots$ V

Se um fio de comprimento $L = 235$ m, diâmetro $D = 1,65$ mm, conduz uma corrente de $I = 1,24$ A e dissipa uma potência de $P = 48,5$ mW, identifique o material através de sua resistividade ρ , utilizando a equação $P = RI^2 = \frac{4\rho L}{\pi D^2} I^2$ (Halliday, Resnick e Walker: Fundamentos de Física - vol 3, LTC, 1996).

MATERIAL	Ferro	Cobre	Alumínio	Tungstênio	Fosfo	Platina
ρ (10 ⁻⁸ $\Omega \cdot m$)	1,02	1,69	2,75	5,25	9,62	10,00

ou