

PROGRAMANDO VARIÁVEIS COMPLEXAS NA HP49G+: UMA EXTENSÃO DA SALA DE AULA

Fernanda C. Bonafini – fbonafini@yahoo.com

Universidade Estadual Paulista, Pós Graduação em Educação Matemática.

Rua 24A, 1515.

13506-900 – Rio Claro – SP

Resumo: *A utilização de Tecnologias Informáticas (TI's) no ensino como: softwares matemáticos, recursos de internet e hand-helds (calculadoras gráficas, palm-tops, etc) podem auxiliar na criação de um ambiente que estimule a participação e engajamento dos alunos. Dentre as diversas TI's disponíveis no ensino, neste artigo, será privilegiado o uso da **calculadora gráfica em atividades de programação**, devido a este instrumento ser um recurso que está cada vez mais presente em sala de aula, de fácil manuseio, de custo acessível e portátil. Desta forma, este artigo descreve o conteúdo, a estrutura, os objetivos e a metodologia utilizada na disciplina de Cálculo Diferencial e Integral III, utilizando a programação de calculadoras gráficas em um curso de Engenharia Elétrica. Quanto à programação, são abordados o Teorema de De Moivre para a potenciação, bem como a análise do comportamento de um circuito RLC série no plano complexo versus a análise temporal. Os programas foram feitos na HP49G+, pelo estudante Odail Cardoso, orientados e discutidos pela docente da disciplina, autora deste artigo, em atividade extra-sala.*

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

Sub-Tema: *Novas Tecnologias e Metodologias no Ensino de Engenharia.*

1. INTRODUÇÃO

O uso de Tecnologias Informáticas (TI's) no ensino como: recursos de internet (Java *applets*), softwares matemáticos (*Mathematica*, *Mathcad*, *Maple*, etc) e *hand-helds* (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 descritos em SESTOKAS-FILHO, CASTANHEIRA e ANTUNES (2002).

Dentre as diversas TI's disponíveis no ensino, nesta pesquisa, será privilegiado o uso da **calculadora gráfica**, devido a esta ser um recurso que está cada vez mais presente em sala de aula, de fácil manuseio, de custo acessível e portátil.

Assim, ao longo dos anos ministrando a disciplina de Cálculo Diferencial e Integral III no curso de Engenharia, tenho me deparado em vários momentos 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?** É com esta questão norteadora em mente que as aulas dessa disciplina que ministro são realizadas, procurando integrar à esta questão o uso das calculadoras gráficas.

Sabendo que esta pergunta possui uma amplitude e magnitude de respostas aceitáveis, algumas dessas, foram tecidas em colaboração com um outro docente que ministra a mesma disciplina e também com uma estudante, no artigo SESTOKAS-FILHO, BONAFINI e ANTUNES (2003). Entretanto, pouco se falou neste artigo com relação à **programação das calculadoras gráficas** pelos alunos, como uma atividade matemática significativa. Deste modo, este tema será a proposta central desta investigação.

Visando contextualizar esta pesquisa apresento um outro estudo (BONAFINI e SESTOKAS-FILHO, 2003) no qual foram tecidas algumas considerações sobre o uso de calculadoras gráficas pelos professores e alunos.

O comportamento dos docentes com relação ao uso da calculadora gráfica pôde ser elencado em três categorias: i) os que não utilizam a calculadora gráfica em sala de aula; ii) os que não as utilizam nas aulas, embora permitam que os alunos as portem nas provas e iii) os que aderem ativamente a sua utilização em aula.

Os argumentos dos docentes acima variaram quanto a não utilização de calculadoras gráficas em aula. Dentre eles têm-se 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, destaca-se 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.

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: BALDIN e BALDIN (2001), BORBA (2003), BORBA e SCHEFFER (2003), GIORGETTI (2002), OLDKNOW (2000), SESTOKAS-FILHO e BONAFINI (2000, 2002), SESTOKAS-FILHO, BONAFINI e ANTUNES (2003), SOLER e SOUZA (2001). Em minha experiência acadêmica, acredito que a incorporação da calculadora gráfica em sala possa ser feita no decorrer da própria aula, deixando que os alunos trabalhem sozinhos ou em grupos orientados pelo professor.

Com relação aos Alunos, os autores perceberam que houveram vários níveis de utilização da calculadora gráfica pelos estudantes: 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, foi observado 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.

Através da observação foi percebida 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, foram classificados 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. Como por exemplo, uma consequência da má visualização (ajuste da janela gráfica) poderia gerar distorções na aquisição de conceitos.

Os autores destacam uma categoria que emergiu dos dados, como sendo a utilização da calculadora gráfica pelos alunos fora da sala de aula. Eles notaram que os alunos utilizavam amplamente a calculadora gráfica em momentos de monitoria, nos estudos individuais ou em grupo. Apesar de relatarem que a opção por programação é bastante utilizada, porém por poucos alunos, esse tema não é trabalhado, pelos autores, nesse artigo. Deste modo, acredito ser pertinente investigar a construção de programas com calculadoras, feitos por estudantes.

Nesta seção procurei apresentar a pergunta norteadora da pesquisa, bem como sua contextualização quanto aos possíveis usos da calculadora gráfica feitos por professores e alunos. A seguir, faço um breve histórico das calculadoras e, posteriormente, apresento o curso e as experiências já realizadas além da sala de aula. Finalizando este artigo apresento algumas reflexões acerca deste estudo.

2. UM BREVE HISTÓRICO DAS CALCULADORAS

Segundo CASEY (2001), as calculadoras têm sido empregadas no ensino após 1970. Desde então, têm-se tornado cada vez mais sofisticadas, em termos tecnológicos. Sua evolução deu-se a partir de calculadoras elementares (calculadoras de quatro operações) que permitiam ao usuário fazer cálculos aritméticos simples. Uma vez que, “as calculadoras de quatro operações têm o potencial de realizar cálculos mais rápidos e um maior número de cálculos gerenciados pelo aluno. Quando usada apropriadamente, elas podem ajudar no desenvolvimento e reforço de conceitos numéricos” (BAUGHAN, 1998?, p. 04).

Após isso, surgiram as calculadoras científicas, as quais já permitiam realizar operações antes trabalhosas como, por exemplo, os logaritmos. “No Ensino Fundamental e Médio, calculadoras científicas têm sido utilizadas auxiliando alguns dos principais temas [conteúdos] apontados em Matemática” (BAUGHAN, 1998?, p. 04).

No decorrer dos anos 80, a capacidade de representação gráfica foi incorporada em pequenas calculadoras portáteis, atribuindo-lhes o nome de calculadoras gráficas. A partir de 1990, essas calculadoras começam a ser utilizadas no ensino (CASEY, 2001).

As calculadoras gráficas, diferentemente das científicas, possuem além de inúmeras funções adicionais, a propriedade de confeccionar diversos tipos de gráficos partindo de funções ou tabela de dados inseridos pelo usuário. Segundo BORBA (1999) essa possibilidade que as calculadoras gráficas possuem, “remeter um conjunto de pontos para a janela gráfica”, ou então, “enviar pontos selecionados de um gráfico para as tabelas” (p. 18), faz abrir uma importante trilha para a investigação matemática em sala de aula.

A partir de 1995, uma nova geração de calculadoras chega ao mercado, as calculadoras (CAS) *Computer Algebra Systems* (Figuras 1a, b). Estas possuem a capacidade de desenvolver cálculos simbólicos, além de resolver cálculos numéricos como as calculadoras gráficas, em Álgebra e Cálculo (BAUGHAN, 1998?).

O manuseio de símbolos, álgebra computacional, para esta calculadora foi desenvolvido em cooperação com os autores do *Derive*. A tecnologia CAS, também pode ser encontrada em softwares para microcomputador, tais como: o *Maple*, *Mathematica*, *Mathcad*, *Derive* e outros.

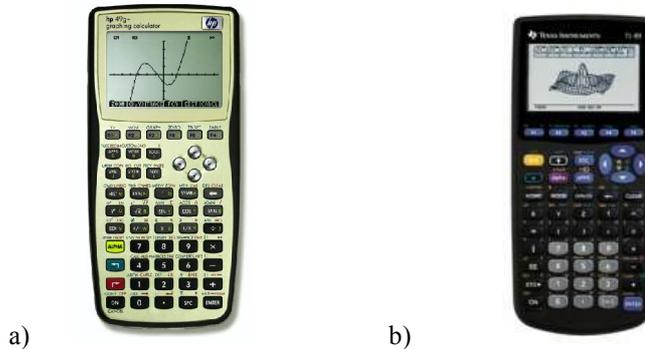


Figura 1 - Calculadoras CAS HP-49G+ e TI-89.

Todas as calculadoras acima são instrumentos portáteis que podem dar ao aluno a possibilidade de recolher, trabalhar e trocar dados com professores e 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. Os programas descritos neste artigo foram desenvolvidos na calculadora CAS HP 49G+, pelo estudante Odail Cardoso, com auxílio da professora, autora deste artigo.

3. A DISCIPLINA DE CÁLCULO DIFERENCIAL E INTEGRAL III

A disciplina de Cálculo Diferencial e Integral (CDI III) do curso de Engenharia Elétrica da Faculdade de Engenharia São Paulo está situada no terceiro ano do curso, tanto para os alunos do curso noturno quanto para os do diurno.

Apesar de ser uma disciplina ministrada somente para os alunos da Engenharia Elétrica, ela faz parte do quadro de disciplinas básicas dos cursos de Engenharia da Instituição. Sua ementa é composta dos seguintes assuntos: Números Complexos; Funções de Uma Variável Complexa; Transformadas Integrais; Transformada de Laplace e Séries de Fourier.

Especificamente sobre o conteúdo de Números Complexos, são abordados os seguintes temas: Representações cartesianas, trigonométricas, álgebra complexa, complexo conjugado, módulo e fase. Teoremas de De Moivre para a potenciação e para a radiciação. Impedância e Reatância. Admitância e Susceptância. Relações entre a Impedância e a Admitância complexa. Circuito LRC série: módulo e fase da Impedância e frequência de ressonância. Circuito LR série: módulo e fase da Impedância e Admitância. Circuito LRC paralelo: módulo e fase da Admitância e Impedância e frequência de ressonância. Linha de transmissão uniforme com perdas. Cálculo da Impedância característica e da constante de propagação. Funções hiperbólicas. Relações de Euler para as funções hiperbólicas. Gráficos e relações entre as funções hiperbólicas e as funções trigonométricas. Circuito LRC série com tensão constante. Análise do comportamento do circuito no plano complexo versus análise temporal.

Dentre os sub-temas elencados acima, serão abordados neste artigo a programação do Teorema de De Moivre para a radiciação e também a programação para a análise do comportamento do circuito no plano complexo versus análise temporal.

Diferentemente das disciplinas de Cálculo I e II, a disciplina de Cálculo III, através de seu docente, procura estimular o uso contínuo da calculadora gráfica em sala de aula, pelos estudantes. Uma vez que eles, em sua maioria, possuem uma calculadora gráfica, nas aulas são desenvolvidas atividades com o uso desse instrumento, tais como: a expansão pela Série de Taylor, a operação e a conversão de números complexos da forma cartesiana para a forma polar e vice-versa, a manipulação de matrizes contendo elementos complexos, gráficos das tensões e correntes de diversos circuitos elétricos dispostos em série ou paralelo, gráfico das funções hiperbólicas entre outros.

4. UMA EXTENSÃO DA SALA DE AULA: A PROGRAMAÇÃO

Como já relatado, os programas foram construídos pelo estudante do terceiro ano, noturno, de Engenharia Elétrica, Odail Cardoso, em atividades extra-sala orientadas pela professora.

É importante ressaltar que tais programas, não surgiram assim de forma definitiva. Após o término de uma aula, o estudante procurou a professora e lhe apresentou um programa que ele tinha feito sobre a aula anterior, Teorema de De Moivre. Na verdade, o estudante gostaria de

mostrar a professora o seu feito e também que a mesma corrigisse eventuais erros matemáticos ou conceituais que o programa poderia conter.

A professora ficou entusiasmada com a iniciativa do estudante e ressaltou que outros alunos também já haviam feito programas com relação a este tema, porém utilizando outras calculadoras gráficas, tais como a HP48G e a HP49.

A partir de então a professora passou a orientar e discutir com o estudante, em atividades extra-sala de aula, possíveis melhorias e modificações no programa existente. Em um desses encontros a professora perguntou se o estudante gostaria de tentar construir um programa para a análise da estabilidade de circuitos elétricos.

Com relação a este segundo tema houve uma série de reuniões entre a professora e o aluno, gerando assim novas versões, visando melhorias no programa. Nesses momentos o estudante explicava para a professora como pensou em estruturar o programa, os comandos utilizados, as funções das variáveis, a forma de apresentação dos dados na tela, entre outros. Além das observações feitas pela professora, esta sugeriu que o programa também fosse analisado por outros estudantes que constroem diversos programas, em suas calculadoras, para uso pessoal nas disciplinas de Engenharia.

Os programas apresentados a seguir são um combinado entre as iniciativas do estudante Odail, auxiliados pela professora e posteriormente verificados por outros estudantes.

4.1 De Moivre

Os problemas típicos apresentados em sala de aula com relação ao Teorema de De Moivre são: **Calcule e represente geometricamente** $z = (-1 + 1j)^{1/3}$, $z = (-16j)^{1/4}$, $z = (45 \angle 45^\circ)^{1/5}$. Vamos apresentar a resolução de cada caso, utilizando o programa feito na HP49G+.

$z = (-1 + 1j)^{1/3}$: O usuário deve entrar com o valor de z, sugere-se entrar com este valor na forma de par ordenado, e com o valor do grau da raiz, ou seja, neste caso $n = 3$ (Figura 2a). Após isso a representação gráfica é apresentada (Figura 2b) e posteriormente o valor do módulo e das fases são dispostos na pilha (Figura 2c).

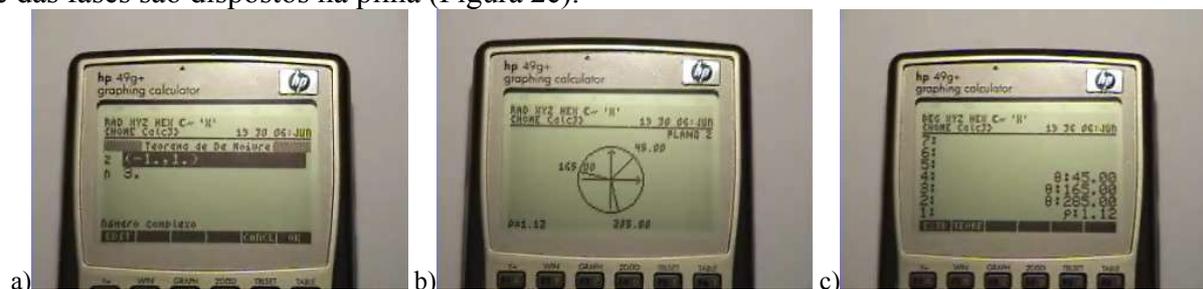


Figura 2 – a) Entrada do complexo $z = (-1 + 1j)^{1/3}$, b) representação gráfica de z, c) valores do módulo e fases.

Neste problema, quando feito utilizando uma calculadora científica comum, os estudantes devem estar atentos para o quadrante apresentado pela fase, ou seja, devem observar que -45° não localiza o complexo, sendo necessário assim, adicionar 180° para se obter a fase desejada:

$$\theta = \arctan\left(\frac{1}{-1}\right) = -45^\circ + 180^\circ = 135^\circ = \frac{3 \cdot \pi}{4} \text{ rad}$$

$z = (-16j)^{1/4}$: Neste problema em específico é interessante notar que a maioria dos estudantes incorre no mesmo erro, ou seja, no momento de apresentar a fase do complexo, os alunos o fazem dizendo que o mesmo possui $\theta = 0^\circ$ ou 360° graus. Poucos são os estudantes que notam que à um número real negativo, sua fase é $\theta = 180^\circ$. Vejamos a resolução com o programa nas Figuras 3a, b, c:

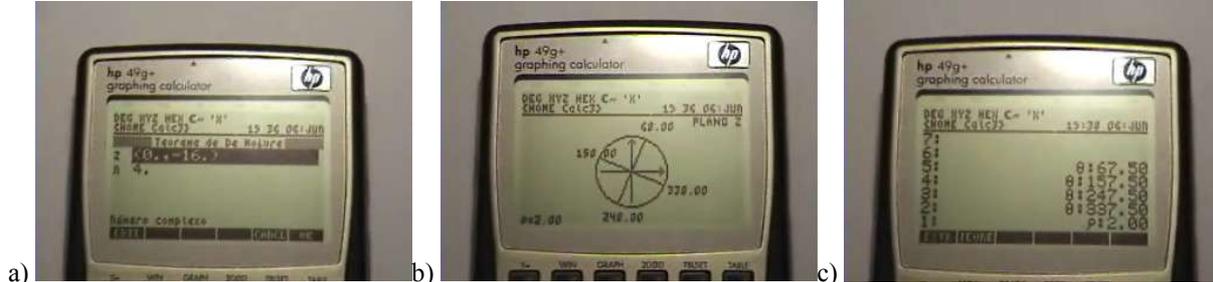


Figura 3 – a) Entrada do complexo $z = (-16j)^{1/4}$, b) representação gráfica de z , c) valores do módulo e fases.

$z = (45 \angle 45^\circ)^{1/5}$: Este exemplo ilustra a possibilidade de se trabalhar com z na forma polar. Neste tipo de questão o módulo e fase de z já são fornecidos, bastando assim aplicar o Teorema de De Moivre (conforme as Figuras 4a, b, c). Entretanto, alguns alunos não se dão conta disso e acabam calculando, com o lápis e papel, erroneamente a fase do complexo.

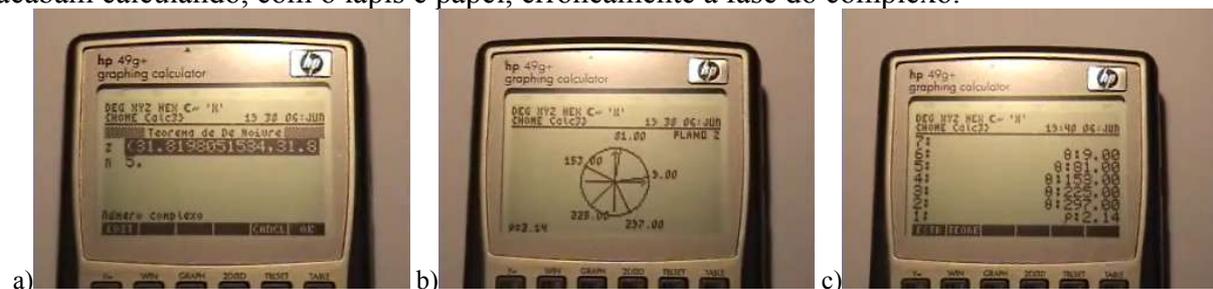


Figura 4 – a) Entrada do complexo $z = (45 \angle 45^\circ)^{1/5}$, b) representação gráfica de z , c) valores do módulo e fases.

Diferentemente dos outros estudantes que já programaram em suas calculadoras o Teorema de De Moivre, o diferencial do programa feito por Odail está em contemplar também a representação gráfica de z . Isto gerou nos estudantes um certo “frison” devido a possibilidade da representação gráfica e do desafio de gerá-la a partir de comandos binários para a construção do desenho.

4.2 Analisando a Estabilidade de Circuitos Elétricos

Com relação à estabilidade de Circuitos Elétricos, esta análise é feita em um circuito RLC série que obedece a seguinte equação diferencial para a corrente:

$$LI''(t) + R.I'(t) + 1/C I(t) = 0, \quad t \geq 0.$$

Supondo que a solução para a corrente seja da forma: $I(t) = I_0.e^{pt}$, I_0 constante, pede-se, em sala de aula, para que os estudantes localizem o parâmetro p no plano z nos seguintes casos:

$$a) R = 0; \quad b) \frac{R}{2L} < \frac{1}{\sqrt{LC}}; \quad c) \frac{R}{2L} > \frac{1}{\sqrt{LC}}; \quad d) \frac{R}{2L} = \frac{1}{\sqrt{LC}}.$$

Assumindo que a solução seja: $I(t) = I_0.e^{pt}$ temos que: $I'(t) = I_0.p.e^{pt} = p.I$, $I''(t) = I_0.p^2.e^{pt} = p^2.I$.

A equação diferencial (e.d.) do circuito é uma e.d. de 2ª ordem, 1º grau, a coeficientes constantes, linear e homogênea na variável independente t , e na variável dependente I . Esta e.d. é a derivada temporal da lei das tensões de Kirchhoff, de modo que a tensão no gerador (lado esquerdo da equação) tem que ser constante. Substituindo a solução dada e suas derivadas na e.d., temos: $Lp^2 I + RpI + \frac{1}{C}I = 0$. Resolvendo a equação algébrica do 2º grau na variável

p , resulta: $p = \frac{-R}{2L} \pm \sqrt{\left(\frac{R}{2L}\right)^2 - \frac{1}{LC}}$. Cabe então ao estudante analisar a solução geral obtida para o parâmetro p em cada caso.

Em um problema numérico, o estudante calcula o valor do parâmetro p (dados R , L e C) e verifica o comportamento da corrente para esses valores. Desta forma é o que apresenta o programa feito pelo referido aluno:

Após entrar com os valores de $R = 15\Omega$, $L = 5\text{mH}$, $C = 25\mu\text{F}$ (Figura 5a), o programa descreve o comportamento da corrente. Neste caso, $I(t)$ têm característica oscilatória amortecida (conforme Figura 5b). São apresentados também, o valor do fator de amortecimento $\alpha = R / 2L = 1500$, da frequência angular modificada $\omega' = \sqrt{\frac{1}{LC} - \left(\frac{R}{2L}\right)^2} = \sqrt{\omega_0^2 - \alpha^2} = 2379,9 \text{ rad/s}$, o ponto $p = 1500 \pm 2397,9$ e finalmente, a frequência angular natural $\omega_0 = 2828,43 \text{ rad/s}$.

A localização do ponto p é apresentada nas Figuras 5c e 6a, e o gráfico da corrente $I(t)$ versus t nas Figuras 6b e 6c.

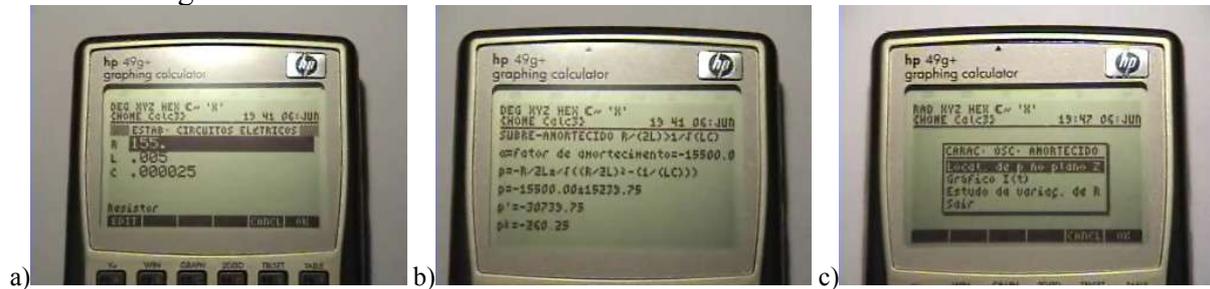


Figura 5 – a) Entrada dos valores de R, L e C, b) descrição do comportamento da corrente, c) menu para escolha da localização do ponto p.

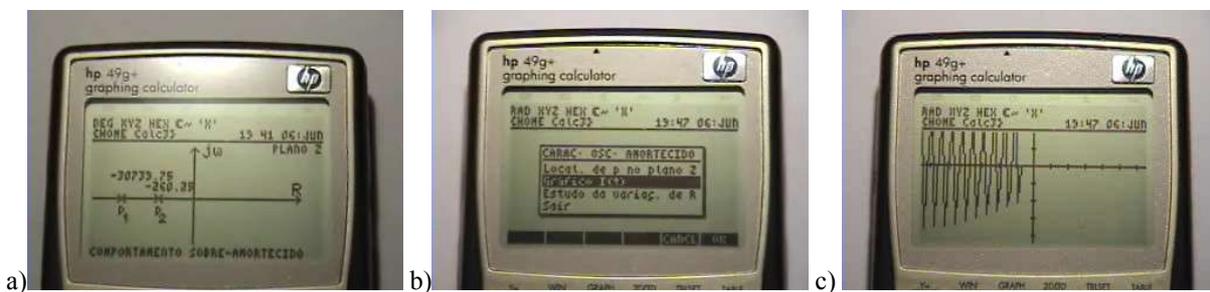


Figura 6 – a) Localização do ponto p no plano z, b) menu para escolha do gráfico da corrente, c) gráfico da corrente $I(t)$ versus t .

Há a possibilidade de estudar o valor da resistência R variável de modo com que a corrente possua o comportamento desejado (oscilações livres, oscilações amortecidas, sobre-amortecimento ou amortecimento crítico). Neste caso temos: oscilações livres para $R = 0\Omega$, oscilações amortecidas para $R < 28,28\Omega$ e $R \neq 0$, sobre-amortecimento para $R > 28,28\Omega$ ou amortecimento crítico para $R = 28,28\Omega$ (Figuras 7a, b e c).



Figura 7 – a) Menu para escolha do estudo da variação de R, b) Menu para análise do comportamento de $I(t)$ desejado, c) Apresentação dos valores de R e o comportamento de $I(t)$ para cada caso.

Apresentados os programas e suas funções, a seguir são feitas algumas reflexões sobre este estudo.

5. ALGUMAS REFLEXÕES ACERCA DO ESTUDO

As calculadoras gráficas, cada vez mais, fazem parte do cotidiano dos alunos nos cursos de Engenharia. A possibilidade de utilização de uma calculadora CAS nas aulas de Cálculo, fez

com que o estudante se aproximasse muito mais da disciplina e conseqüentemente da professora.

Os docentes, de um modo geral, notam que esse instrumento está presente junto aos alunos nos momentos de monitoria ou estudos em grupo, onde os primeiros percebem que a aprendizagem ocorre entre os estudantes de uma maneira informal, a medida que um aluno ensina o outro uma nova dica de programação e este agora aprende um comando novo para o cálculo de alguma tarefa matemática.

Creio que os professores devem estimular esse tipo de atividade junto aos estudantes. Este foi o propósito deste artigo, bem como da docente da disciplina, uma vez que sempre observava, tanto dentro quanto fora da sala de aula que havia uma troca constante entre os alunos de: programas, jogos e aplicativos para as diversas disciplinas de seus cursos utilizando tais calculadoras.

Para o aluno, abre-se a possibilidade de contribuir de modo a enriquecer o currículo, ou seja, com a construção de um determinado programa. Entre os alunos há o processo de depuração de um programa de modo a torná-lo mais legível, menos tortuoso ou ainda mais operacional. Essas atividades, sob o meu ponto de vista, são atividades matemáticas significativas, uma vez que o aluno apresenta o seu produto aos seus pares, tendo a oportunidade, também, de aprender com eles.

Com relação ao professor, este deve se manter aberto às diversas possibilidades que podem surgir com a programação em calculadoras. É interessante notar que neste trabalho de programação há uma socialização inversa, ou seja, na maioria dos casos, são os estudantes que dominam as técnicas, a linguagem e até mesmo o algoritmo para a construção do programa. Sendo assim, creio que os professores podem aprender muito junto de seus estudantes. Enfim, para que a socialização inversa realmente ocorra, o professor deve se desvencilhar de suas “amarras” e participar de modo ativo auxiliando, matematicamente ou não, os estudantes em seus programas.

Agradecimentos

Embora não sejam responsáveis pelas posições aqui expressas, gostaria de agradecer os amigos Cristina Matos e Manoel Peres.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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.

BAUGHAN, M. **Advanced Calculators and Mathematics Education. A Paper for Discussion and Consultation - Report on Consultation**, Scottish [1998?]. Disponível em: <www.svtc.org.uk/resources/SCCC/maths/maths.pdf>. Acesso em: 05/04/2003.

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.

BORBA, M. C. Calculadoras Gráficas no Brasil. In: FAINGUELERNT, E. K.; GOTTLIEB, F. C. (Org.) **Calculadoras Gráficas e Educação Matemática**. Rio de Janeiro: Art Bureau, 1999. p. 15-34.

BORBA, M. C. Perceptuo-motor Activity and Imagination in Mathematics Learning. In: INTERNATIONAL GROUP FOR THE PSYCHOLOGY OF MATHEMATICS EDUCATION. **Proceedings PME 27**, p. 103-104, Honolulu, Hawaii, Estados Unidos, 2003.

BORBA, M. C.; SCHEFFER, N. F. Sensors, Body, Technology and Multiple Representations. In: INTERNATIONAL GROUP FOR THE PSYCHOLOGY OF MATHEMATICS EDUCATION. **Proceedings PME 27**, p.121-126, Honolulu, Hawaii, Estados Unidos, 2003.

CASEY, D. A. **A Cultural Study of a Science Classroom and Graphing Calculator-based Technology**. 2001. Tese (Doutorado em Filosofia) - Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, Virginia. Disponível em: <<http://scholar.lib.vt.edu/theses/available/etd-12052001-221551/unrestricted/edfront.PDF>>. Acesso em: 29/04/2003.

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.

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.; 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. 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.; BONAFINI, F.C.; ANTUNES, G.S. A Incorporação das Calculadoras Gráficas nas Disciplinas Básicas dos Cursos de Física e Engenharia. In: XXXI CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO DE ENGENHARIA (COBENGE). Rio de Janeiro. **Anais Eletrônicos**. Rio de Janeiro: Hotel Glória, 2003.

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.

PROGRAMMING CHANGEABLE COMPLEX IN THE HP49G+: AN EXTENSION OF THE CLASSROOM

Abstract: *The use of Information Technology (IT's) in education such as: math software, internet resources and hand-held electronics (graph calculators, palm-tops, etc) can aid in the creation of an environment that stimulates participation and engagement of the student. Among various IT's available in education, in this article, the use of the graph calculator in the programming activities will be emphasized, due to the fact that this instrument is more and more present in the classroom, easy to use, low price and portable. This article describes the content, the structure, the goals and the methodology used in the discipline of Differential Calculus and Integral III, using the programming of graph calculators in an Electric Engineering course. In relationship to programming, the De Moivre Theorem for powers and the analysis of the behavior of a RLC circuit series in the complex plan versus the temporal analysis are discussed. The program were created in the HP49G+, by the student Odail Cardoso, oriented and discussed by the discipline professor, author of this article, in extra-class (curricular) activity.*

Key-words: *Classroom practices, Programming with Graphic calculators, Engineering teaching, Informatics technologies.*