



## Modelagem e simulação de sistemas dinâmicos com o Silab/Xcos: um caderno didático

Tatiane Reis do Amaral

Neila M. Gualberto Leite

Victor Felipe Arthur Coutinho Ladeia

Rosilanny Soares Carvalho

(IFNMG)

### Resumo

Softwares para o entendimento de sistemas físicos são cada vez mais utilizados no ambiente acadêmico. Como muitas vezes montar um sistema físico, tal como um simulador da performance de um carro, é algo caro ou observar, por exemplo, o comportamento de um crescimento biológico é uma tarefa demorada, o uso desses softwares possibilitam obter resultados a partir de equações que modelam esses sistemas, as equações diferenciais. Inserida no Scilab, software matemático de caráter livre, existe a ferramenta de simulação, o Xcos. Devido a existência de pouca informação quanto ao uso dessa ferramenta, este trabalho procurou desenvolver um material didático que possibilita, tanto alunos como professores, um entendimento sobre o funcionamento da ferramenta. A sua interface de fácil de utilização e a capacidade didática da ferramenta foram decisivos para o desenvolvimento de um material didático. Para isso, a ferramenta foi explorada através em diversos tipos de sistemas dinâmicos reforçando outra vantagem a diversidade de áreas de aplicação da ferramenta. Este material foi utilizado IFNMG-campus Montes Claros. Apresentou ainda ótimo caráter didático pedagógico por permitir a construção e reconstrução dos modelos com facilidade, corroborando para alcançar o objetivo de sua utilização em sala de aula.

Palavras-chave: Xcos, Scilab, Caderno Didático.

### Abstract

Software for understanding physical systems are increasingly used in the academic environment. As often mount a physical system, such as a car performance simulator is expensive or observing, for example, the behavior of a biological growth is time consuming, using these software enables to obtain results from equations modeling these systems, differential equations. Inserted in Scilab, mathematical software free character, there is a simulation tool, the Xcos. Because there are little information regarding the use of this tool, this study sought to develop a didactic material that allows both students and teachers, an understanding of the operation of the tool. Its easy interface to use and the teaching capability of the tool were decisive for the development of teaching materials. For this, the tool has



traveled through in various types of dynamic systems the diversity advantage other reinforcing tool application areas. This material was used IFNMG-campus Montes Claros. It also presented great pedagogical didactic for allowing the construction and reconstruction of the models easily and may contribute to achieve the purpose of its use in the classroom.

Keywords: Xcox, Scilab, didactic notebook.

## Introdução

Nas ciências exatas é de fundamental importância a modelagem de processos e posteriormente a sua simulação, tendo em vista que, a partir dos resultados obtidos das simulações, decisões são tomadas em relação aos sistemas reais. Entretanto, na prática os sistemas físicos são sistemas complexos, o que exige dos profissionais um grande custo para elaboração dos modelos para compreender os fenômenos envolvidos nestes sistemas. Para simular os processos contínuos é necessário descrever de maneira precisa os sistemas reais.

Um sistema dinâmico é definido como um conjunto de componentes interconectados que se relacionam através de propriedades que variam com o tempo. São modelados geralmente por equações diferenciais e essas equações permitem o estudo de vários problemas de engenharia. No entanto, as soluções analíticas de sistemas dinâmicos são complexas e dificilmente podem ser encontradas. Com desenvolvimento tecnológico, podemos encontrar sua solução numérica através da utilização de recursos computacionais.

O Scilab é um software livre de computação e programação numérica desenvolvido na França, em 1990, por pesquisadores do INRIA (Institut National de Recherche en Informatique et en Automatic) e do ENPC (École des Ponts ParisTech). Atualmente, o mesmo é mantido pelo Scilab Consortium. A aplicação é similar aos softwares Matlab, Octave e Gauss (GOMEZ, 1999). Atualmente o Scilab é muito



utilizado no meio acadêmico como ferramenta para as mais diversas aplicações incluindo o ensino-aprendizagem de técnicas numéricas.

O Scilab é um software de alto rendimento usado para resolver problemas matemáticos de forma mais fácil do que usando outras linguagens de programação como FORTRAN ou C, graças à sua grande variedade de funções, tem a capacidade de realizar cálculos relacionados à álgebra linear, processamentos de sinais, construção de gráficos em duas e três dimensões, simulação e otimização (MURTA et al., 2011).

Para realização de simulações através de diagramas de bloco o Scilab possui uma ferramenta (toolbox) chamada Xcos, sua utilização na simulação de sistemas dinâmicos possui uma interface amigável e gera saída gráfica para a solução do sistema, e por ser uma alternativa ao software proprietário Matlab/Simulink está cada vez mais sendo utilizado na comunidade acadêmica como instrumento de ensino na formação de diversos profissionais, como os engenheiros.

O Xcos se aplica a sistemas lineares e não lineares, contínuos e/ou discretos no tempo. Utiliza uma interface gráfica para construção dos modelos a partir de diagramas de blocos, por meio de operações de clique-e-arraste do mouse. Com essa interface pode-se criar modelos da mesma forma que se faz manualmente e um sistema é então criado pela ligação destes vários blocos (PATIL et al., 2012).

A simulação de sistemas dinâmicos possui muitas vantagens. As mais importantes são a razão econômica: experimentos são caros e as simulações computacionais são feitas a baixo custo. Além disso existem as razões pedagógicas: efetivar a aprendizagem com a construção do conhecimento (LEROS; ANDREATOS, 2012).

A construção de modelos matemáticos, sua manipulação e uso para a resolução de problemas constituem então um desafio pedagógico para o ensino de engenharia. As diversas representações destes modelos acontecem através de equações, gráficos e diagramas que apresentam as soluções e como o processo se realiza.



Uma outra maneira de se resolver um sistema dinâmico é a representação deste modelo por meio diagramas de blocos, ao se converter um sistema em um diagrama onde solução da simulação é obtida graficamente. Na ferramenta Xcos os blocos estão organizados em grupos específicos denominados paletas, como os grupos geradores de eventos, onda senoidal, indicador numérico, diferenciador, funções de transferência contínuas e discretas, entre outros. Cada bloco exerce então uma função, recebendo dados em suas portas de entrada e fornecendo dados por suas portas de saída (PATIL et al., 2012).

A necessidade de se entender o processo pedagógico diante destas soluções, a escolha adequada de modelos, juntamente com a diversidade de modelos apresentados aos alunos, pode ser aliada a utilização desta ferramenta computacional.

O domínio das técnicas numéricas é essencial para a formação dos engenheiros. No entanto a aprendizagem dos métodos numéricos e computacionais também torna-se desestimulante sem o uso adequado das ferramentas computacionais (Mota, 2011).

As mudanças no setor tecnológico tem grande significado no processo de ensino de engenharia, principalmente nas disciplinas que empregam o computador como instrumento. A utilização das ferramentas computacionais nos cursos de engenharia é considerada pelo MEC (Ministério da Educação e Cultura) como da área básica de formação do engenheiro e do acadêmico de diversas áreas gerando uma interação entre o teórico e prático (Brasil, 2002).

Atualmente as disciplinas dos cursos de engenharia contam com o uso de várias tecnologias, mas sempre utilizadas de forma simplificada, sem explorar suas potencialidades. Sendo assim, a mera utilização de um software não garante um significado na aprendizagem se o mesmo não for adaptado às necessidades dos professores e alunos.



A utilização de softwares como o Xcos para o ensino e manipulação destes modelos é uma alternativa pedagógica à tradicional manipulação de equações ou até experimentação física destes fenômenos. O Xcos é uma ferramenta própria para tal desenvolvimento pedagógico, ao apresentar os digramas de blocos em conjuntos específicos de funcionalidades, permite a manipulação de diversas simulações, de um mesmo sistema rapidamente.

Surge, então, uma questão: como ensinar utilizando o software Xcos de forma adequada? E como explorar as potencialidades deste software dentro da perspectiva do ensino-aprendizagem?

A observação destes fatos faz surgir o interesse em aliar a tecnologia disponível com práticas inovadoras de ensino, como força motivadora da aprendizagem nos cursos de engenharia. E ainda dentro deste contexto, a modernização do ensino é necessária, e acompanha o desenvolvimento tecnológico atual. A intenção deste trabalho é explorar o potencial do software Xcos, sem esquecer a sua função principal que é o ensino-aprendizagem.

Ao examinar como era realizado e a dificuldade na aprendizagem do software, este trabalho tem por objetivo, executar uma seqüência didática para o aprendizado do Xcos aplicado a simulação de processos na Engenharia Química.

Segundo Kobashigawa et al, a seqüência didática é um conjunto de ações e estratégias planejadas a cada estágio de exposição do conteúdo. O principal objetivo da utilização da seqüência didática é orientar os discentes a um maior rendimento na absorção de conhecimento assimilado de tal forma que este seja apreendido legitimamente e não apenas no momento da aula ou no instante da avaliação.

A avaliação da aquisição do novo conhecimento é uma ação necessária para se mensurar se o método utilizado fora eficiente e caso não seja onde está a falha e como esta pode ser corrigida. Esta ação pode ser feita antes, durante e após o processo de ensino, pois este ato pedagógico deve acompanhar toda a metodologia de instrução.



Ao se fazer uma avaliação diagnóstica tem se a oportunidade de construir informações valiosas sobre o conhecimento prévio do receptor. E por meio deste entendimento precedente o emitente poderá planejar o conteúdo a ser abordado focando nas áreas ou conceitos nos quais o receptor tenha maior dificuldade de compreensão (AUSUBEL, 2003). Esta avaliação inicial pode ser feita tanto por prognose, ou seja, com um conjunto de alunos, ou por diagnose, com cada aluno individualmente.

Enquanto a avaliação precedente ao processo de aprendizagem é caracterizada como diagnóstica, a avaliação intermediária se encontra na modalidade formativa, pois esta terá a função de ajustadora do regime ensino-aprendizagem tendo como objetivo maior a gestão de erros e fragilidades do que definir os resultados obtidos com o repasse do conhecimento. Por fim, a avaliação final é denominada somativa e possui a função social certificar o que foi adquirido pelos alunos condizem com que fora proposto inicialmente. Esse último tipo de avaliação assim como a avaliação intermediária também tem uma função formativa, pois por meio desta será possível analisar as principais falhas na sequência didática utilizada e aferir até que ponto o entendimento prévio de alguns assuntos interfeririam na assimilação do conteúdo proposto.

## 1. Metodologia

Para o desenvolvimento do trabalho algumas metodologias que foram aplicadas na seguinte ordem: aprendizado do software, revisão e criação de modelos de simulações, a elaboração de uma sequência didática para o ensino dos modelos que foi aplicada em um minicurso.



Primeiramente, com a finalidade de obtenção e consolidação do conhecimento sobre o software, foram realizadas revisão bibliográfica e manipulação do Xcos. A busca por artigos que abordavam o assunto ocorreu em plataformas online .

Livros de cálculo numérico e de equações diferenciais forneceram as bases para criação de novos modelos para as simulações. Uma vez que esses livros detalham os modelos e alguns fornecem resultados em forma de gráficos, foi possível a comparação entre seus resultados e os obtidos pelas simulações. Outras fontes de modelos foram artigos e monografias. Alguns desses apresentavam descrição completa tanto do modelo quanto do diagrama, o que auxiliou bastante no entendimento do software.

A sequência didática do minicurso foi elaborada de forma que o aprendizado fosse gradativo. Primeiramente fez-se uma introdução em que foi falado sobre a importância de softwares de simulação em disciplinas das ciências exatas. Em seguida o Xcos foi conceituado abordando seu funcionamento, o motivo de utilizá-lo e o fato de ser um software livre, o que o torna viável para uso pelo seu caráter gratuito.

Na parte de criação de modelos, começou-se com um diagrama bem simples que mostrava o sinal gerado por um bloco fonte de sinal senoidal, conforme Figura 1. Com esse diagrama foi possível explicar alguns aspectos importantes na simulação. Foram abordados a forma de ligação entre os blocos, os parâmetros existentes em um bloco, tempo de simulação e como ajustar as dimensões dos gráficos gerados com as simulações, Figura 2. O diagrama utilizado após esse incluiu um bloco a mais que teve como função integrar o sinal senoidal. Nesse momento foi possível fazer analogias com sistemas reais, já que o diagrama representava diversos modelos existentes com comportamento senoidal.



Figura 1: Primeiro diagrama

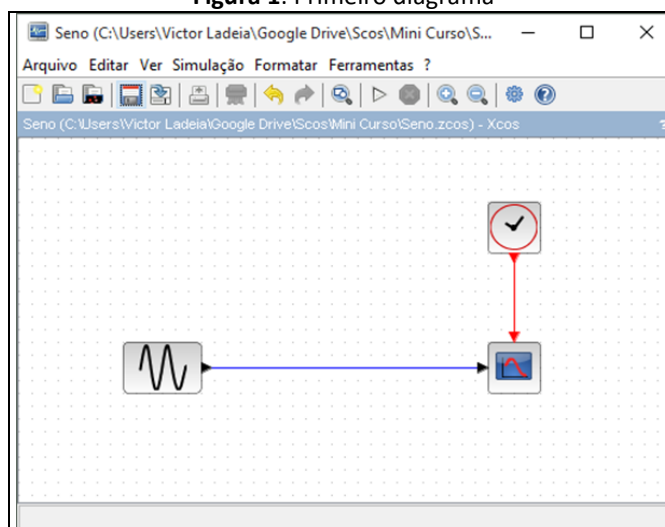
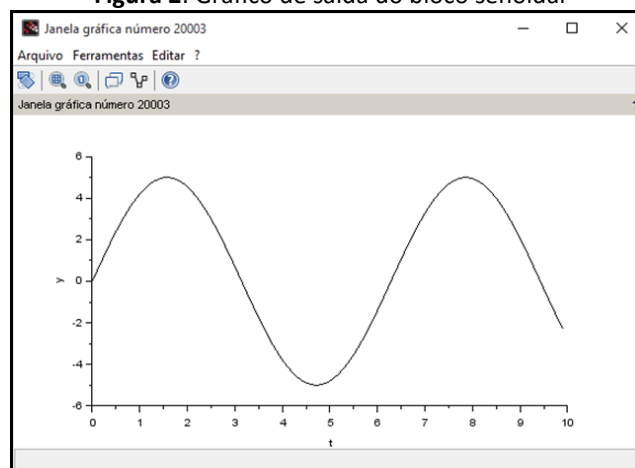


Figura 2: Gráfico de saída do bloco senoidal



O diagrama seguinte já tratou de um tema aplicado na Engenharia Química: o Modelo do Resfriamento de Newton. A equação que modela esse sistema foi destacada e a construção do diagrama foi feita com os alunos.

O quarto diagrama utilizado também foi construído juntamente com os alunos e representava o sistema de um Tanque de Nível. A construção do diagrama seguinte a esse já foi de responsabilidade dos alunos. Esse representava um Tanque de Nível, mas dessa vez foi acrescentada uma condição de aquecimento no tanque.





A última proposta de criação de diagrama foi a partir de um reator modelo CSTR. Como proposta de avaliação este modelo foi feito de forma autônoma pelos alunos. O nível de construção desse último foi propositalmente maior que os demais para que se fosse possível analisar o aprendizado dos alunos.

Como instrumentos de avaliação foram aplicados dois questionários o primeiro ocorreu no momento de inscrição para o minicurso. Foram levantados dados sobre a formação e as disciplinas já cursadas e sobre os conhecimentos a respeito do software. No questionário final uma avaliação do desenvolvimento dos modelos e sobre o rendimento durante a execução e ainda as dificuldades para realização, foram levantados.

## 2. Resultados e discussão

Inicialmente aplicou-se um questionário de avaliação diagnóstica do qual havia perguntas sobre o nível de conhecimento dos inscritos sobre as matérias que iriam influenciar no uso do software. O nível estipulado variou de 1 a 5 para os conteúdos de Balanço de Massa e Energia, Controle e Simulação de Processos, Equações Diferenciais e Métodos Computacionais, obteve-se a seguinte distribuição percentual para os referidos conteúdos, como mostra o Quadro 1.

**Quadro 1:** Avaliação dos estudantes para dificuldade de realização dos modelos.

CONTEÚDO	PORCENTAGEM DE ALUNOS PARA CADA NÍVEL				
	Nível 1	Nível 2	Nível 3	Nível 4	Nível 5
Balanço de Massa e Energia	15,40%	7,70%	28,20%	38,50%	10,20%
Controle e Simulação de Processos	69,20%	20,50%	7,70%	2,60%	0%
Equações Diferenciais	7,70%	12,80%	51,30%	23%	5,20%
Métodos Computacionais	23%	33,30%	33,30%	7,70%	2,70%

**Fonte:** Questionário individual final



Tendo em vista que a grande maioria dos problemas que são simulados no Xcos contém equações diferenciais ordinárias (EDOs) e que o intuito do minicurso é que o aluno saiba utilizar montar o diagrama de blocos, logo tem-se que o conteúdo de EDO será o principal quesito que o acadêmico deve dominar. Segundo as informações expostas no Quadro 1, podemos concluir que cerca de 5% dos inscritos dominam EDO e pouco mais da metade dos alunos tem conhecimento intermediário do conteúdo.

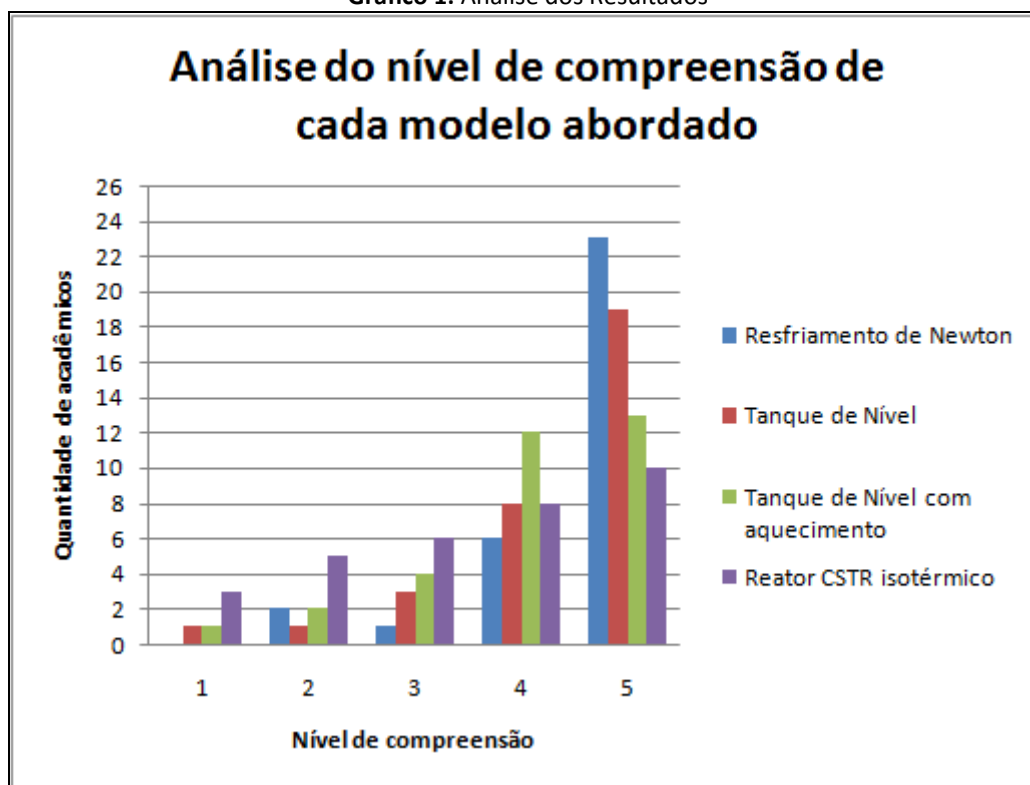
Durante a realização do minicurso, a cada modelo exposto, os receptores foram avaliados pelos emitentes. No primeiro modelo de Resfriamento de Newton apresentado, no qual os alunos começaram a montar um diagrama de modelo aplicado a Engenharia Química, foi exposto tanto o motivo da utilização de cada bloco como características e aplicação real do modelo.

Nos outros modelos posteriormente apresentados, explicou-se quais eram as variáveis e as constantes dos modelos de tal forma que o aluno compreendesse qual bloco seria necessário utilizar e o porquê, contudo, propositalmente, não foram abordados os quesitos das disciplinas específicas, focando apenas na construção dos modelos. Em relação ao comportamento conjunto dos alunos, foi possível observar que a grande maioria desenvolveu eficientemente a construção dos diagramas propostos não apresentando grandes dificuldades.

Ao término do minicurso, aplicou-se um questionário final, no qual questionou-se os alunos sobre o aproveitamento dos mesmos em relação a cada modelo aplicado, obtendo-se o Gráfico 1.



Gráfico 1: Análise dos Resultados



Fonte: Questionário final

De acordo com o gráfico obtido, percebe-se que quantidade de alunos que com aproveitamento máximo diminuiu com o aumento da dificuldade.

## Considerações finais

A utilização do software para a aprendizagem dos modelos se deu de forma satisfatória e sua interface gráfica e capacidade de programação colaborou muito, sendo validada pela capacidade de implementação diagramas robustos, e o desenvolvimento dos alunos durante a aplicação da sequência didática, validando também a escolha dos modelos para o caderno didático.



Devido à sua interface amigável, funções matemáticas e recursos gráficos, além de recursos computacionais capazes de desenvolver os modelos selecionados, o software Scilab, atendeu nossos objetivos, mostrando ser uma ferramenta eficiente na realização deste trabalho.

## Referências Bibliográficas

AUSUBEL, D. P. (2003). **Aquisição de retenção de conhecimentos: Uma perspectiva cognitiva**. Lisboa: Paralelo. 243 p. BRASIL. Resolução CNE/CES nº 11/2002, de 11 de Marco de 2002. Institui Diretrizes Curriculares Nacionais dos Cursos de Engenharia.

GOMEZ, C. **Engineering and scientific computing with Scilab**. Birkhauser, 1999.

KOBASHIGAWA, A.H.; ATHAYDE, B.A.C.; MATOS, K.F. de OLIVEIRA; CAMELO, M.H.; FALCONI, S. **Estação ciência: formação de educadores para o ensino de ciências nas séries iniciais do ensino fundamental**. In: IV Seminário Nacional ABC na Educação Científica. São Paulo, 2008. p. 212-217. Disponível em: <[http://www.cienciaiao.usp.br/dados/smm/\\_estacaocienciaformacaodeeducadoresparaensinodecienciasnasseriesiniciaisdoensinofundamental.trabalho.pdf](http://www.cienciaiao.usp.br/dados/smm/_estacaocienciaformacaodeeducadoresparaensinodecienciasnasseriesiniciaisdoensinofundamental.trabalho.pdf)> . Acesso em: 02 de dez. de 2015

LEROS, A., ANDREATOS, A., **Using Xcos as a Teaching Tool in a Simulation course**. Greece. 2012.

MURTA, A. A. P.; PAULA, L.T.; BRAGA, M. R.; GUIMARÃES, R.; **Universidade e Software Livre: O uso do SCILAB nas Ciências e Engenharias**, In: Congresso Nacional Universidade, EAD e Software Livre, Anais, 2011.

MOTA, R.P.B.; **Ensino de Cálculo Numérico através de rotinas didáticas em Scilab via WEB**, In: XXXIV Congresso Nacional de Matemática Aplicada e Computacional, Anais, Aguas de Lindoia, 2012.

PATIL, J. Y.; DUBEY, B.; MOUDGALYA, K. M.; PETER, R. **GNURadio, Scilab, Xcos and COMEDI for Data Acquisition and Control: An Open Source Alternative to LabVIEW**, In: 8th IFAC Symposium on Advanced Control of Chemical Processes, Anais, Furama Riverfront, 2012.