

OS Simulator: Um Simulador de Sistema de Arquivos para Apoiar o Ensino/Aprendizagem de Sistemas Operacionais

Renê N. S. Gadelha², Ryan Ribeiro de Azevedo^{1,3}, Hilário T. A. de Oliveira², Tiago D. Neves², Cleyton C. Souza², Edilson Leite da Silva²

¹Centro de Informática – Universidade Federal de Pernambuco (CIN-UFPE)
Caixa Postal 50740.540 – Recife – PE – Brasil

²Departamento de Ciência da Computação – Centro Universitário de João Pessoa
João Pessoa, PB - Brasil.

³Coordenação de Sistemas de Informação
Universidade Federal do Piauí (CSHNB-UFPI) – Picos, PI – Brasil

{renegadelha,hilariotomaz,edilson.leite,cleyton.caetano.souza,tiagodvneves}@gmail.com, rra2@cin.ufpe.br

Abstract. *This paper presents an architecture, development, features and an evaluation of the OS Simulator, a simulator file system that aims to support the teaching/learning courses in operating systems. In academic circle, there are many difficulties in learning topics related to this subjects, therefore this paper helps to overcome such difficulties. Their evaluation are presented by a series of experiments and the results obtained through the use of the simulator in the classroom with students of Computer Science.*

Resumo. *Apresentamos neste artigo a arquitetura, desenvolvimento, funcionalidades, avaliação e resultados do OS Simulator, um simulador de sistema de arquivos que tem como principal objetivo apoiar o ensino/aprendizagem de disciplinas de Sistemas Operacionais. No meio acadêmico, existem inúmeras dificuldades no aprendizado de tópicos relacionados a esta disciplina, portanto, este trabalho contribui para superar tais dificuldades. São apresentadas sua avaliação por uma série de experimentos e os resultados obtidos com uso da proposta em sala de aula com alunos do curso de Ciência da Computação.*

1. Introdução

Lecionar disciplinas da área de Sistemas Operacionais (SOs) é um desafio em virtude das características e peculiaridades das informações a serem repassadas. Aos estudantes devem ser apresentados, de forma sistematizada, conceitos, técnicas e ferramentas utilizadas tanto para operar, assim como para entender o funcionamento conjunto do *hardware*, *software* e aplicativos.

As disciplinas que envolvem SOs se caracterizam por possuírem uma alta carga de conteúdo teórico somados a conceitos, em sua maioria, abstratos e interdependentes. [Perez-Davilla 1995] enfatiza que o ensino de SOs exige a interligação entre conceitos abstratos e tarefas práticas, necessitando de um componente prático significativamente bem elaborado, devido o grau de dificuldade encontrado pelos alunos em integrar e aplicar tais conceitos.

Este trabalho apresenta o OS Simulator, um simulador desenvolvido para apoiar o ensino/aprendizagem da disciplina de SO, especificamente de temas relacionados a sistema de arquivos, expondo de maneira prática os conceitos apresentados na teoria. O simulador fornece também uma base teórica do conteúdo através das definições relacionadas a sistema de arquivos, que aproxima o aluno dos conceitos que envolvem o gerenciamento de SOs.

A eficácia da utilização do computador como ferramenta educacional é unânime, sendo considerada até como fator preponderante no processo de aprendizagem em todas as áreas de conhecimento. Grande parte disso é decorrente da facilidade imposta por estas ferramentas, entre elas os simuladores, que por meio de interação visual, permitem ao aluno absorver melhor o conteúdo sem agregar a habitual desmotivação imposta pelo método tradicional de ensino [Jones e Newman 2001].

O restante deste artigo está organizado da seguinte forma: na Seção 2 são apresentados os trabalhos relacionados. Na Seção 3 é exposto um referencial teórico a respeito da teoria envolvida, especificamente sistema de arquivos, que ajudará a compreender o trabalho proposto. Já na Seção 4 descrevemos as funcionalidades da proposta (OS Simulator), enquanto na Seção 5 são apresentados e discutidos os resultados obtidos nos experimentos realizados com o uso do OS Simulator. Por fim, as conclusões e os trabalhos futuros são delineados na Seção 6.

2. Trabalhos Relacionados

Nos últimos anos surgiram diversas propostas de simuladores aplicados ao processo de ensino/aprendizagem de disciplinas referentes a SOs, abordando de maneira prática todo o assunto teórico debatido em sala de aula, com o intuito de aumentar o nível de entendimento dos alunos. Desta forma podemos mencionar alguns trabalhos, que embora tenham diferentes focos e níveis de detalhamento, ajudaram no amadurecimento da ferramenta proposta neste trabalho. Dentre estes destacam-se:

- TCB-SO/WEB [Reis 2009]: consiste em um *software* educativo que objetiva contribuir no ensino de políticas de escalonamento de processos e alocação de memória, sendo desenvolvido com uma interface para a *web*. No entanto este trabalho não apresenta resultados, não garantindo a sua utilidade prática no processo de ensino/aprendizagem.
- wxProc [Rocha 2004]: é um simulador de políticas de escalonamento multiplataforma. Ao utilizar uma biblioteca específica do SO Windows, este simulador só pode ser utilizado neste respectivo SO (Windows). Outra restrição é o domínio abrangido pelo wxProc, sendo este bastante restrito, pois escalonamento multiplataforma é uma subárea de gerência de processos, não tendo grande aplicabilidade no ensino de SOs.
- SOsim [MAIA 2001]: é um simulador *standalone* para ensino de gerência de processos e de memória. Durante pesquisa e aplicação, foram encontrados diversos erros técnicos ao ser utilizado em sala de aula, sendo este o principal empecilho para adoção do mesmo.

O OS Simulator, trabalho aqui proposto e apresentado na Seção 4, é um simulador diferenciado dos encontrados durante toda pesquisa. Isso se deve primeiramente por sua usabilidade ter sido avaliada, aprimorada e validada em

interações com alunos e professores. Além disto, este simulador (OS Simulator) aborda o conteúdo de sistema de arquivos, em que, durante toda pesquisa, não foi encontrado ferramenta didática e aplicável em sala de aula que acoberte esta área, sendo este o fator de maior distinção entre este e os demais simuladores encontrados.

3. Sistema de Arquivos: um Componente Crítico em Sistemas Operacionais

Os SOs tem como principal objetivo servir como camada de interface entre usuários do sistema e os dispositivos de *hardware*, abstraindo sua complexidade e tornando a sua utilização simples, rápida e segura. Este complexo sistema também atua como gerenciador dos recursos, que, usados em conjunto, realizam o processamento das atividades.

Enquanto gerenciador, os SOs controlam a utilização dos recursos fornecidos pelo *hardware* e sua distribuição entre os diversos programas/aplicativos que os compartilham, possuindo assim uma divisão central em relação aos processos de gerenciamento. Esta divisão acontece da seguinte forma: gerenciamento de processos, gerenciamento de memória, sistema de arquivos e entrada e saída de dados. No entanto, abordaremos nesta seção apenas o conteúdo referente a sistema de arquivos, por ser o foco do simulador aqui proposto.

O gerenciamento de arquivo, também conhecido como sistema de arquivo, é o componente responsável pela gerência e manutenção dos arquivos, estabelecendo como os mesmos são organizados e protegidos, além de definir quais operações podem ser realizadas sobre eles. De acordo com [Tanenbaum 2003], através do sistema de arquivos os usuários terão uma interface para armazenamento e recuperação de seus dados de forma a abstrair os detalhes da implementação e organização destes arquivos. Por serem atividades comumente utilizadas pelos usuários, o sistema de arquivos tornou-se a parte mais visível dos SOs. Nas sub-seções a seguir serão detalhados alguns conceitos importantes existentes dentro de sistema de arquivos, como arquivos e diretórios, e também a maneira como o espaço livre na memória é gerenciado, sendo estes fundamentais para compreender o funcionamento do OS Simulator.

3.1 Arquivos e Diretórios

O sistema de arquivos é constituído de duas partes logicamente distintas, arquivos e diretórios. O arquivo permite o armazenamento e leitura de informações, abstraindo para o usuário como estes processos acontecem. Havendo a necessidade de organizar os arquivos, criou-se estruturas de dados denominadas diretórios que associam a cada arquivo atributos como localização física, nome, tipo, entre outros [Machado 2007]. Desta forma, o SO ao receber uma solicitação de leitura de informações, procura sua entrada na estrutura de diretórios, que pode conter referências ao determinado arquivo ou a outro diretório que o possua.

3.2 Gerência de Alocação de Espaço em Disco

Para melhor organizar o espaço onde são armazenados novos arquivos, bem como, para facilitar o acesso e posterior recuperação deles, os SOs gerenciam tanto os espaços livres (a gerência de espaço livre em disco), como os já ocupados (gerência de alocação de espaço em disco). O controle das áreas ou blocos no disco que estão livres é realizado seguindo alguma estrutura de dados que armazena informações possibilitando

ao sistema de arquivo gerenciar o espaço livre em disco, identificando blocos livres que poderão ser alocados a um novo arquivo.

Caso seja alocado um novo arquivo o espaço é removido da estrutura para que outros arquivos não possam reutilizar esse espaço. Quando um arquivo é removido, todos os seus blocos são liberados para a lista de espaço livres liberando memória. As três formas pelas quais esse processo é realizado são: mapa de *bits*, lista encadeada e tabela de blocos livres. Sendo essas três formas contempladas pelo OS Simulator. A gerência de alocação de espaço em disco é uma das principais preocupações dos projetistas do SO, bastante semelhante no gerenciamento de memória, porém em vez de priorizar o tempo de acesso, otimiza o espaço utilizado. As principais técnicas de alocação em disco são: contígua, encadeada e indexada.

Alocação contígua consiste em uma técnica bastante simples, onde armazenam-se os arquivos em disco de forma seqüencial, porém, existe um problema na alocação de novos arquivos em disco. Para alocar um arquivo, é necessário que exista a quantidade suficiente de blocos contíguos livres em disco para realizar a alocação, podendo existir mais de um segmento livre adequado ao tamanho exigido pelo arquivo. Com isso é necessário adotar algumas técnicas de alocação para selecionar qual o segmento na lista de blocos deve ser escolhido [Tanenbaum 2003].

As principais estratégias de alocação contígua são: *First-fit* (Seleciona o primeiro segmento livre, com tamanho suficiente para alocar o arquivo é selecionado); *Best-fit* (Seleciona o menor segmento livre com tamanho suficiente para armazenar o arquivo) e; *Worst-fit* (Seleciona o maior segmento livre em disco para ser alocado, essa busca é feita em toda lista) [Tanenbaum 2003]. Por utilizar tal forma de alocação, estas estratégias apresentam um problema chamado fragmentação de espaços livres, devido a criação e eliminação constantes de arquivos. Para corrigir tal falha, faz-se necessário o uso das alocações: Encadeada e Indexada, sendo estas detalhadas a seguir.

Na alocação Encadeada o arquivo esta organizado em um conjunto de blocos ligados logicamente no disco, independente de sua localização física. Cada bloco do arquivo possui um ponteiro ligando ao próximo arquivo. Com isso foi possível supera o problema da fragmentação dos espaços livres em disco, pois os blocos livres alocados para um arquivo não precisam necessariamente esta em seqüencia na memória física. A estratégia utilizada na alocação indexada é manter os ponteiros de todos os blocos do arquivo em uma única estrutura denominada bloco de índice. Desta forma, o acesso aos blocos de arquivos é realizado diretamente ao respectivo arquivo, dispensando estruturas de controle de dados.

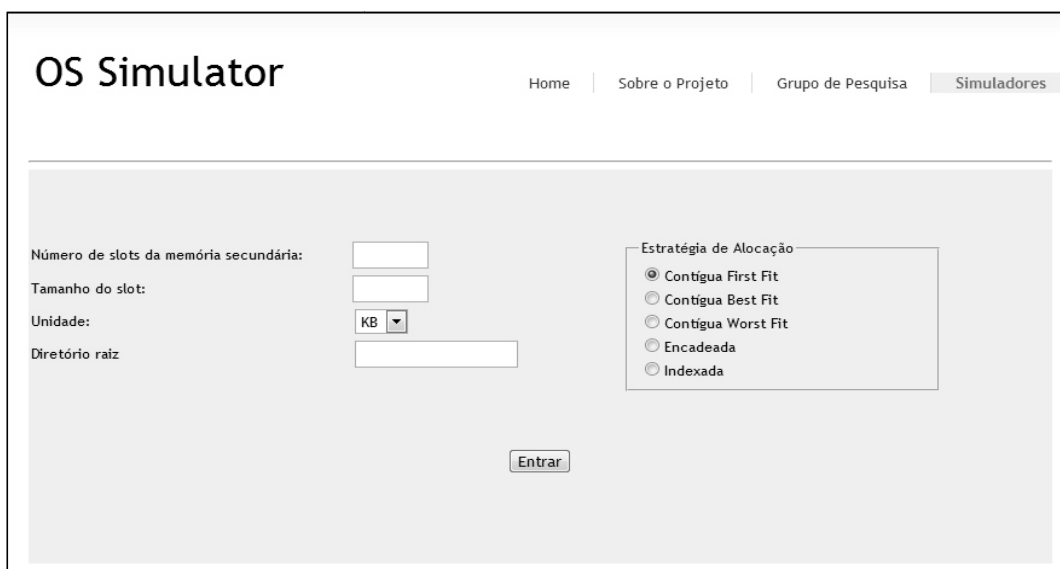
4. Proposta

O OS Simulator é um simulador desenvolvido com o objetivo de apresentar os conceitos teóricos de sistemas de arquivo de maneira visual e dinâmica, oferecendo aos professores um meio de expor o conteúdo da disciplina de forma mais prática, resultando em um aumento satisfatório no aprendizado dos alunos. O OS Simulator foi desenvolvido em JEE¹ como uma aplicação web, podendo ser acessado através do site da aplicação (<http://dci.ccsa.ufpb.br:8080/SimuladorSO/>).

¹Plataforma de programação para servidores na linguagem JAVA

O projeto OS Simulator tem como foco simular sistema de arquivos, apontado como um dos assuntos mais árdus encontrados no processo de aprendizagem por parte dos alunos durante o andamento da disciplina de SO. Através da proposta, o aluno insere e remove arquivos, analisando como as diferentes estratégias de alocação se comportam e absorvendo de maneira prática o funcionamento de cada estratégia vista na teoria apresentada em sala de aula e discutida na Seção 3.

A tela inicial do simulador com suas funcionalidades é apresentada na Figura 1, onde é possível que usuário configure o simulador informando a quantidade de *slots*², o tamanho de cada *slot*, a unidade computacional envolvida (*byte*, *kilobyte*, *megabyte* ou *gigabyte*) e o diretório principal, chamado comumente de raiz. É possível também escolher a estratégia de alocação a ser simulada (*First Fit*, *Best Fit*, *Worst Fit*, Encadeada e Indexada), sendo apresentado posteriormente ao usuário informações relativas a estratégia escolhida.



The screenshot shows the initial configuration screen of the OS Simulator. At the top left, the title "OS Simulator" is displayed. To the right, there is a navigation menu with links for "Home", "Sobre o Projeto", "Grupo de Pesquisa", and "Simuladores". The main content area contains several input fields and a radio button group. On the left, there are four labels with corresponding input boxes: "Número de slots da memória secundária:", "Tamanho do slot:", "Unidade:", and "Diretório raiz". The "Unidade:" field has a dropdown menu currently showing "KB". On the right, there is a box titled "Estratégia de Alocação" containing five radio button options: "Contígua First Fit" (which is selected), "Contígua Best Fit", "Contígua Worst Fit", "Encadeada", and "Indexada". At the bottom center of the form area, there is an "Entrar" button.

Figura 1: Tela inicial do simulador

A página principal da estratégia de alocação, ilustrada na Figura 2, permite ao usuário adicionar e remover arquivos e pastas, sendo estas ações representadas visualmente pelo simulador, que irá representar a alocação na memória secundária – responsável por armazenar os dados permanentes.

² No simulador, é a menor fração em que a memória secundária pode ser dividida.

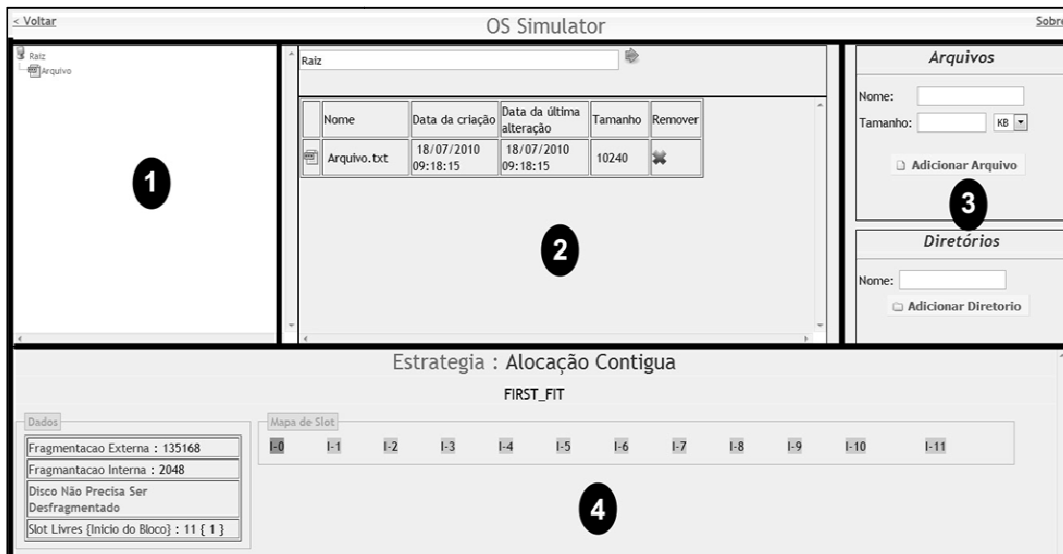


Figura 2: Tela principal da estratégia de alocação

A tela principal da estratégia de alocação do OS Simulator está dividida em quatro áreas. Na área 1 (um), o sistema apresenta a estrutura de arquivos e pastas de forma hierárquica, em que o usuário terá uma visão geral de todos os arquivos e pastas presentes atualmente na memória secundária, sendo possível inseri-lo utilizando o formulário presente na área 3 (três). Esta inserção ocorre no diretório que está sendo visualizado pelo usuário na área 2 (dois), que apresentará este novo conteúdo e suas respectivas informações, tais como unidade computacional, data de inserção, entre outros. Ainda na área 2 (dois), o usuário poderá remover os arquivos e pastas do diretório atual e navegar entre as pastas que foram criadas dentro deste diretório, reproduzindo um real ambiente presente nos SOs modernos.

O caminho completo do diretório atual é mostrado na parte superior da área 2 (dois), sendo possível alterar o diretório atual especificando outro caminho válido, ou ainda, voltando ao diretório de nível superior “pai” ao atual, acionando o botão localizado à esquerda nesta área. A área 4 (quatro) apresenta os *slots* e informações relativas ao estado corrente da memória secundária. Estas informações são atualizadas à medida que arquivos são inseridos e removidos, tendo os *slots* vazios e ocupados mostrados em cores diferentes para facilitar o entendimento do usuário.

A forma com que os *slots* são ocupados com informações de um arquivo é determinada pela estratégia de alocação escolhida pelo usuário. O simulador ainda permite ao usuário obter informações de cada *slot* contido na memória, como a taxa de uso e a situação (ocupada ou vazia). Se o *slot* estiver ocupado serão exibidos ainda os atributos do arquivo que o *slot* está armazenando. Para cada estratégia escolhida pelo usuário, são adicionadas nessa área informações específicas de alocação tais como a fragmentação interna e externa, além da necessidade de desfragmentar o sistema ou não, sendo isto calculado pelo próprio simulador.

Já na área 4 (quatro) da estratégia de alocação, algumas palavras estão destacadas, possibilitando ao usuário obter sua definição ao clicá-las. Desta maneira, o simulador de sistema de arquivos proporciona um ambiente que concentra tanto aspectos práticos quanto teóricos das disciplinas de SO.

5. Experimentos e Resultados

Nesta seção, apresentamos os experimentos realizados para avaliar o trabalho proposto, bem como os resultados obtidos mediante a avaliação do seu uso em sala de aula. O objetivo aqui é demonstrar a utilização do OS Simulator como ferramenta de auxílio no processo de ensino/aprendizagem de sistema de arquivos nas disciplinas de SOs.

Nos experimentos realizados, 2 (dois) professores do curso de bacharelado em Ciências da Computação da instituição de ensino UNIPÊ - <http://unipe.br/graduacao/computacao/>, utilizaram o OS Simulator em suas devidas aulas de SOs-I, como ferramenta auxiliar expondo de forma prática os conceitos expostos sobre sistema de arquivos. Após utilização do OS Simulator os 27 (vinte e sete) alunos presentes preencheram um questionário de avaliação de uso, relatando também sugestões de melhorias que deveriam ser aplicadas, a fim de aumentar o nível de compreensão do conteúdo. O questionário utilizado contém perguntas de múltipla escolha, que avaliam três aspectos gerais, são eles: (1) A usabilidade da ferramenta; (2) O auxílio no processo de ensino/aprendizagem e (3) A plena abordagem do conteúdo programático. É apresentado na Tabela 1 os valores das médias dos 3 (três) critérios avaliados, transformados em porcentagem para facilitar a compreensão.

Tabela 1: Resultado dos Questionários Aplicados.

Critério Analisado	Avaliação Positiva	Avaliação Negativa
(1) Fácil Usabilidade do Simulador	90%	10%
(2) Auxílio no processo de aprendizagem	88%	12%
(3) Plena abordagem dos conceitos de Sistema de Arquivos	89%	11%

Analisando os resultados dos questionários apresentados na Tabela 1, é possível observar que o OS Simulator obteve uma avaliação positiva, obtendo média superior a 88% (oitenta e oito por cento) nos três critérios avaliados. Isso demonstra que o mesmo atendeu positivamente às expectativas dos alunos e professores que o consideraram útil para auxiliá-los no processo de ensino/aprendizagem tanto em sala de aula como fora dela, já que o mesmo está disponível na *web*.

Através das respostas dos questionários analisados, foi possível observar que na experiência de utilização do OS Simulator, os alunos tiveram a plena demonstração prática da teoria apresentada pelo professor sobre o tema proposto (sistema de arquivos), de forma didática e visual, implicando assim em uma visualização da teoria abordada. Já no relato dos professores, foi possível identificar que utilizando o OS Simulator, foi mais fácil apresentar aos alunos os conceitos sobre as estratégias de alocação (*First Fit*, *Best Fit*, *Worst Fit*, Encadeada e Indexada), simulando cada uma das estratégias citadas de forma gráfica, dispensando a realização dos tradicionais desenhos em quadro/lousa branco/negro que serviam para exemplificar o conteúdo abordado, algo que na maioria das vezes é uma tarefa difícil. Outro ponto positivo

identificado com a utilização do OS Simulator foi que o mesmo proporcionava uma discussão mais rica sobre assuntos abordados em sala de aula, tanto entre os próprios alunos como entre o professor e os alunos.

O questionário ainda possuía diversas sugestões de melhorias futuras feitas pelos alunos, sendo possível identificar algumas melhorias a serem realizadas no OS Simulator para torná-lo mais didático. Dentre estas sugestões, algumas também se referiam à usabilidade da ferramenta, que, após aplicadas, tornaram a utilização do simulador mais simples, possibilitando assim um melhor entendimento dos alunos e professores.

O OS Simulator, no seu estado atual, apresenta o módulo de gerencia de arquivos, possibilitando simular a gerencia de espaço livre em disco através das estratégias de mapa de *bits*, lista encadeada e tabela de blocos livres e gerencia de alocação de espaço em disco através da alocação contígua que usa as estratégias *First-fit*, *Best-fit* e *Worst-fit*, além das alocações encadeadas e indexadas.

6. Conclusões e Trabalhos Futuros

Neste artigo, foi apresentado o desenvolvimento, arquitetura, aplicação e avaliação do OS Simulator, as avaliações e resultados indicaram que a arquitetura proposta cumpre o papel ao qual se propõe, constituindo-se de uma ferramenta computacional que pode ser utilizada em contextos educacionais, permitindo aos alunos obterem conhecimento prático e específico a respeito das teorias ministradas pelos docentes das disciplinas de SOs. Os objetivos do projeto foram contemplados possibilitando aos envolvidos no processo de ensino/aprendizagem um ganho de conhecimento por meio de aplicações práticas da teoria ministrada em sala de aula. Como pesquisa futura propomos e estamos trabalhando no desenvolvimento da expansão do OS Simulator para atender outras sub-áreas dos SOs, tais como gerência de processos, gerencia de memória e entrada e saída de dados.

Referências

- Jones, D. and Newman, A. 2001. "RCOS.java: a simulated operating system with animations". Proceedings of the Computer-Based Learning in Science Conference, Brno, Rep. Tcheca.
- Machado, F. B. 2007 "Arquitetura de sistemas operacionais". Rio de Janeiro: LTC.
- Maia, L. P.(2001) "SOsim: Simulador para o Ensino de Sistemas operacionais".Dissertação de Mestrado, Núcleo de Computação Eletrônica, UFRJ, Rio de Janeiro.
- Perez-da Villa, A. 1995. "OS-bridge between academia and reality". ACM SIGCSE Bulletin,27(1):146-148.
- Reis, F. P.; Costa, H. A. X. C. (2009) "TBC-SO/WEB: Software Educativo para Aprendizagem de Políóticas de Escalonamento de Processos e de Alocação de Memória em Sistemas Operacionais".SBIE, UFSC, Florianópolis.

Rocha, A. R.; et al. 2004. WxProc – Um Simulador de Políticas de Escalonamento Multiplataforma. INFOCOMP – jornal of Computer science. Vol. 3, N. 1: p.43-47.

Tanenbaum, A. S. 2003. Sistemas Operacionais Modernos, 2ª. Edição, São Paulo: Prentice. Hall.