

Um Ambiente Virtual de Aprendizagem Imersivo para o ensino de Sistemas Operacionais: uma proposta pedagógica com o uso do *CyberOS*

Joselice Siebra Maceu

Instituto Federal do Ceará
Av. Dr. Guarany, 317 - Derby Clube, Sobral - CE, Brasil
CEP:62040-730
+55 88 3112.8100
joselice.moura@ifce.edu.br

Verônica Lima Pimentel de Sousa

Instituto Federal do Ceará
13 de Maio, 2081 - Benfica, Fortaleza - CE, Brasil
CEP: 60040-531
+55 85 3307.3681
veronica.pimentel2011@gmail.com

ABSTRACT

The course of Operating Systems (OS) aims to present concepts, mechanisms and procedures used in the development of operating systems, as well as how these elements interfere in the development of *software* applications. Teachers and students face difficulties in teaching and learning this discipline, because it encompasses complex definitions and functioning, with models and physical, logical and functional structures of various specificities many difficult operations to conceive and describe. It is more difficult to represent these concepts in concrete terms. For that reason, some methodologies have been studied and developed to minimize these difficulties. With the advances in technology and the emergence of new alternatives that can complement the classroom activities, such as the virtual immersive environments, a range of possibilities emerges for the creation of an environment rich in interactivity, immersion and collaboration. Given this context, this work describes a proposal for educational *software* for the teaching and learning of OS, the *CyberOS*. The *software* was developed in a 3D immersive environment, using the OpenSim platform integrated with Moodle. The results of tests conducted on the use of the tool have shown to be very promising for its wide use in the practical classes of the discipline of Operating Systems in higher education.

RESUMO

A disciplina de Sistemas Operacionais (SO) tem como objetivo apresentar conceitos, mecanismos e procedimentos utilizados no desenvolvimento de sistemas operacionais, bem como tais elementos interferem no desenvolvimento dos *softwares* aplicativos. Professores e alunos enfrentam dificuldades no ensino e aprendizagem desta disciplina, pois, ela engloba definições e funcionamentos complexos, com modelos e estruturas físicas, lógicas e funcionais de várias especificidades difíceis de mentalizar e descrever. Mais difícil, ainda, é representar tais conceitos concretamente. Por esta razão, algumas metodologias vêm sendo estudadas e desenvolvidas a fim de minimizar essas dificuldades. Com os avanços tecnológicos e o surgimento de novas alternativas que podem complementar as atividades da sala de aula, tais como os ambientes virtuais imersivos, abre-se um leque de possibilidades para a criação de ambiente rico em interatividade, imersão e colaboração. Deste modo, foi desenvolvido um ambiente imersivo 3D utilizando a plataforma OpenSim integrada ao Moodle. Os resultados dos testes realizados sobre o uso da ferramenta mostraram-se bastante promissor para sua ampla nas aulas práticas da disciplina de Sistemas Operacionais no ensino superior.

Descritores de Categoria e Assuntos

K.3.1 [Computer and Education]: Computer Uses in Education.

Termos Gerais

Experimentation.

Keywords

Ambiente Virtual de Aprendizagem Imersivo, Sistemas Operacionais, ensino.

1. INTRODUÇÃO

A disciplina de Sistemas Operacionais está presente em caráter obrigatório nos cursos da área de computação. Tal disciplina pertence ao núcleo de Fundamentos da Computação, de acordo com o Currículo de Referência da SBC[1].

Os conteúdos tratados na disciplina de SO são, em sua grande maioria, difíceis de serem absorvidos pelos alunos, porque “muitas vezes envolvem conceitos teóricos e alguns mecanismos complexos, exigindo certo grau de abstração dos alunos para que possam obter uma compreensão completa”[2]. As aulas práticas possibilitariam que os alunos experimentassem visualizar o código de um *software* que realize tarefas de gerenciamento de recursos de um computador de forma concreta. Porém, na prática, existe um interacionamento de conceitos teóricos de SO, de forma que um conceito, para ser compreendido em sua totalidade, depende de outros conceitos associados[3]. Por esta razão, aulas práticas de SO deveriam ser bastante frequentes e que possibilitassem o desenvolvimento de uma didática baseada em projetos, os quais se concluiriam ao final da disciplina [4]. Isso pode ser maximizado com o uso de um laboratório exclusivo para as práticas da disciplina de SO.

Entretanto, o que se constata nas instituições de ensino onde há cursos de computação, é uma grande dificuldade em se alocar um laboratório exclusivo para as aulas práticas da disciplina de SO, o que seria considerada a metodologia mais adequada, sugerida por especialistas na área[3], [4], [5].

Deste modo, uma metodologia baseada em experimentações de alteração de código do SO, pode ser prejudicial ao bom funcionamento do laboratório. Isso traz uma enorme complexidade, uma vez que seria necessário a constante manutenção, ou até reinstalações obrigatórias, do SO, a cada final de aula prática, visando deixar o laboratório funcional para outras disciplinas ou cursos.

Esta pesquisa justifica-se por perceber-se a necessidade de ferramentas pedagógicas alternativas ao uso de sistemas operacionais reais em aulas práticas na supracitada disciplina. A necessidade é antiga [6]; [3], porém, até hoje, ainda não foi plenamente solucionada.

[6] identificou um problema comum a professores e alunos da disciplina de SO. O autor descreveu que existe uma relativa dificuldade em caracterizar a real dinâmica de eventos computacionais e que o entendimento dos conceitos abordados em SO fica comprometido. Ele desenvolveu o SOsim, um simulador gráfico que dinamiza os conceitos e técnicas usadas em SO.

[3] apresentou uma análise crítica das práticas de laboratório na disciplina de SO sob uma perspectiva construtivista. O autor recomenda que as atividades práticas de laboratório devem explorar o uso de serviços de SO para a construção de aplicações (aspectos externos) e a forma como esses serviços são construídos (aspectos internos). Para tanto, devem ser desenvolvidos programas para testar as reações do núcleo do SO quando submetido a cargas computacionais diversas.

A proposta desta pesquisa foi investigar se ambientes virtuais de aprendizagem imersivos (3D) podem contribuir para o aprendizado de conceitos abstratos da disciplina de Sistemas Operacionais nos cursos de graduação em computação.

Sendo assim, buscou-se identificar as dificuldades e limitações das ferramentas atuais utilizadas no ensino e aprendizagem da disciplina de SO, como também, apresentar facilidades e possibilidades de uma nova ferramenta e uma nova metodologia para a referida disciplina.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 O ensino de sistemas operacionais

Sistema Operacional é o programa que controla todos os recursos da máquina e fornece a base sobre a qual os programas aplicativos são escritos [7]. É função do SO gerenciar os recursos de *hardware* do computador e ao mesmo tempo prover um ambiente simples para criar e executar as aplicações dos usuários. Percebe-se, portanto, o quão complexo, coordenado e inter-relacionado deve ser o funcionamento do SO.

Diante da definição desse *software* básico inerente a todo e qualquer computador, constata-se que a referida disciplina apresenta várias técnicas e conceitos cuja complexidade podem tornar difícil o ensino e aprendizagem de tais conceitos.

Conforme [5], “Lecionar disciplinas da área de Sistemas Operacionais é um desafio em virtude das características e peculiaridades das informações a serem repassadas”.

[8] destacam que um grande desafio é possibilitar que o aluno, de uma forma simples, consiga entender nas aulas práticas, como as principais rotinas e eventos do sistema trabalham, pois os livros usam uma linguagem técnica de difícil compreensão.

Outro desafio que pode comprometer o ensino da disciplina de SO é a dinâmica inerente de alguns conceitos. Por exemplo, os códigos dos algoritmos de SO não são vistos em execução pois, grande parte dos recursos adotados na metodologia de ensino dessa disciplina não permite tal dinamismo.

2.1 Dificuldades no ensino de sistemas operacionais

Com o objetivo de conseguir melhores resultados no processo de aprendizagem dos alunos do curso da área de Computação e Informática, faz-se constante a necessidade de melhoria da didática de ensino em âmbito geral. Para isso, pode-se usar *software* capaz de transformar processos abstratos em concretos aumentando a interação entre os alunos e o objeto em estudo [9].

Já [2] expressa outra dificuldade no ensino e aprendizagem de SO:

Alguns de seus temas exigem uma explicação cuidadosa e detalhada do professor, pois muitas vezes envolvem conceitos teóricos e alguns mecanismos complexos, exigindo um certo grau de abstração dos alunos para que possam obter uma compreensão completa [2].

Quando o professor lança mão de uma metodologia altamente teórica ao ensinar a disciplina de SO, dificilmente os alunos irão compreender, de forma satisfatória, o conteúdo [10].

Por isso, é notória a necessidade de ferramentas adequadas que possibilitem ao aluno ter uma compreensão holística dos diversos assuntos estudados em SO. A prática melhora a aprendizagem porque possibilita a reorganização dos conceitos e a busca por um equilíbrio entre o que foi ensinado e o que é realizado por meio de tentativa e erro [11].

Nesse sentido, os simuladores educacionais podem ser considerados uma alternativa apropriada para as práticas da disciplina, uma vez que a simulação possibilita que o aluno realize diferentes combinações de conceitos e situações sem a necessidade de alterar o *kernel* do sistema.

2.2 Metodologias adotadas no ensino de SO

São duas as linhas direcionadoras de metodologias distintas, que vêm sendo adotadas, há anos, no ensino de SO. Uma que não utiliza *software* e a outra que se apropria de tais recursos.

2.2.1 O ensino de sistemas operacionais sem o apoio de *Softwares*

A metodologia, corriqueiramente, mais utilizada para o ensino de SO, apresenta sérias dificuldades na assimilação dos complexos conteúdos dessa disciplina. Aulas expositivas, que adotam recursos didáticos tradicionais, como *slides* e atividades escritas na parte prática da disciplina, são a base dessa abordagem.

[...] aulas práticas, na sua maioria, exercícios em sala de aula, e aulas teóricas. Estas últimas são predominantes na carga horária e, de forma geral, sua demasia resulta no acúmulo de dúvidas por parte dos alunos, ocorrendo também a desmotivação desses diante do imenso embasamento teórico [12].

Tais recursos tradicionais são estáticos e servem apenas para exibir o conteúdo teórico. Não são capazes de demonstrar a dinâmica dos conceitos da disciplina aplicados no funcionamento real do SO [12]. Por este motivo, não auxiliam na assimilação do assunto. Na maioria dos casos, isso se deve ao fato ou da falta ou da escolha inadequada dos recursos adotados para a disciplina.

Dessa forma, percebe-se a necessidade de metodologias que promovam atividades práticas que complementem a teoria abordada em sala de aula.

Há um conjunto de metodologias de ensino que podem ser usadas durante na disciplina de SO e que varia de acordo com o objetivo educacional a ser alcançado. No entanto, o que se encontra como metodologia mais comum na disciplina de SO é unicamente a exposição oral do conteúdo [13].

De acordo com [14], “o problema está tanto no modelo de ensino como na falta de ferramentas capazes de traduzir para a realidade os conceitos teóricos apresentados”.

O modelo tradicional de exposição oral de conteúdos é insuficiente para um bom processo de ensino e aprendizagem dos conteúdos abordados em SO. O ideal é usar modelos que auxiliem o aluno na construção do conhecimento e facilitem a assimilação dos referidos conteúdos.

Conforme [15], o processo de ensino pode ser realizado utilizando outros tipos de procedimentos, desde que sejam compatíveis com os objetivos do plano da disciplina.

Diante do exposto, compreende-se a necessidade de uma metodologia que utilize recursos que demonstrem como o SO funciona.

2.2.2 O ensino de sistemas operacionais com apoio de *softwares*

O ensino de Sistemas Operacionais (SO) exige que conceitos abstratos e atividades práticas estejam interligadas. Para isso, é indispensável uma atividade prática bem elaborada, devido ao grau de dificuldade encontrado pelos alunos em integrar e aplicar tais conceitos [5].

Vários autores propõem diferentes metodologias para a realização de aulas práticas. Desse modo, a prática de laboratório pode ser classificada, de três formas distintas, conforme descreve[15]:

1. Análise e alteração no código-fonte, utilizando sistemas reais de código aberto.
2. Análise de sistemas operacionais educacionais, que são programas resumidos que disponibilizam o código-fonte do SO.
3. Uso de Softwares Educativos (SE), como softwares tutoriais, simuladores, jogos educativos, etc.

As três estratégias metodológicas apresentadas têm suas vantagens e desvantagens:

A primeira, tem como vantagem o fato de ser a mais completa e próxima da realidade do SO. No entanto, exige laboratório exclusivo para sua execução. A segunda estratégia reduz os custos em equipamentos, porém, ainda exige pré-requisitos em outras áreas do conhecimento e maior consumo do tempo da disciplina. A terceira é a estratégia mais simples para demonstrar os conceitos da disciplina e rica em recursos tecnológicos (interatividade, multimídia, etc.). Como desvantagem, das estratégias apresentadas, é a mais distante da realidade dos SO[15].

3. TRAJETÓRIA METODOLÓGICA

Os procedimentos utilizados na metodologia desta pesquisa foram o descritivo e o comparativo, com abordagem quantitativa.

As etapas metodológicas seguidas na realização da referida pesquisa, foram:

a) Inicialmente foi feito um levantamento de requisitos através da aplicação de questionários de sondagem, nos meses de junho e julho 2016, para 18 estudantes do Instituto Federal do Ceará (IFCE), *Campus* Aracati-CE que haviam concluído a disciplina de Sistemas Operacionais. O objetivo da sondagem foi obter informações sobre a percepção dos alunos quanto ao processo de ensino e de aprendizagem da supracitada disciplina.

b) A etapa seguinte foi a estruturação do AVA imersivo, denominado *CyberOS*. As ferramentas selecionadas para tal desenvolvimento foram: o AVA Moodle, como plataforma, por ser gratuito, *open source* e amplamente utilizado pela comunidade acadêmica no ensino à distância; o metaverso OpenSim, que foi escolhido pelos mesmos motivos; o Sloodle, responsável pela ligação entre o mundo virtual (OpenSim) e o AVA (Moodle); o visualizador de mundos virtuais *Firestorm Viewer*, selecionado por apresentar bom desempenho da visualização gráfica do ambiente e, por fim, o *Xampp Server* para hospedar as aplicações necessárias ao funcionamento do ambiente, selecionado por ser uma tecnologia gratuita e já consolidada no mercado.

c) Uma vez feita a estruturação e integração de toda base do ambiente, seguiu-se na busca de objetos digitais que alimentassem e dinamizassem o ensino com conteúdos didáticos digitais, tais como, imagens, *slides*, simuladores 2D's e desenvolvimento de *scripts* para simulações 3D's a fim compor as aulas imersivas de SO.

d) Após o desenvolvimento do ambiente virtual imersivo foi aplicado um questionário de teste de validação do *CyberOS*, desta vez, com estudantes do 3º semestre do curso de Ciências da Computação. O tempo de imersão no *software* foram 4 horas. O teste foi aplicado em Dezembro de 2016.

Os estudantes tiveram uma explanação sobre o ambiente *CyberOS* e sobre as atividades que seriam desenvolvidas. De posse do Roteiro de Aula Prática e do Questionário de Validação do *CyberOS*, os estudantes praticaram a imersão, responderam as questões propostas no roteiro e avaliaram as funcionalidades do *CyberOS*.

O ambiente tem como foco a integração e desenvolvimento de objetos com licença livre que simulam as ações realizadas pelo SO para gerenciar o computador.

Ele contempla o núcleo básico da disciplina, abordando os conteúdos normalmente ministrados nos cursos de graduação.

Para o seu desenvolvimento foram utilizados objetos 3D disponíveis em repositórios *online*, como o *Zadaroo* e *Sketchup*. E a ilha escolhida foi da Universidade de *Edinburgh* (Escócia) que está disponível gratuitamente para *download*.

Para enriquecer o ambiente com conteúdos consolidados optou-se em povoar o *CyberOS* com Recursos Educacionais Abertos (REA) do Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (ICMC/USP).

3.1 O *CyberOS*

Ao chegar no ambiente (Figura 1), o usuário é recepcionado por Ada, um NPC (*Non Player Character*) que lhe dará as boas vindas e as primeiras orientações para a movimentação dentro do mundo virtual.



Figura 1. Chegada do usuário ao CyberOS

Após fazer o *login* no sistema, o usuário irá escolher para onde deseja se teleportar dentro do ambiente, clicando com o botão direito do *mouse* em um dos círculos coloridos dispostos no painel e selecionando a opção *teleport*.

O espaço destinado a aprendizagem de “Processos” aborda três conteúdos: Conceitos Iniciais, Escalonamento e Comunicação entre Processos. Em cada um dos conteúdos, o usuário terá uma abordagem teórica do assunto em forma de apresentação de *slides*.

Para abordagem do tópico a Comunicação entre Processos (IPC), há uma simulação sobre produtor/consumidor usando semáforos, e outra sobre *deadlocks* (Figura 2).

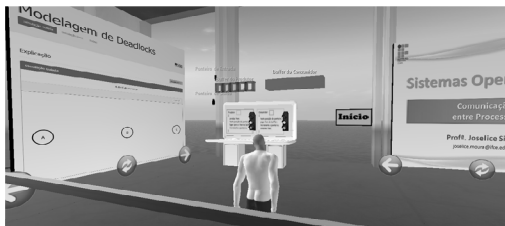


Figura 2. Deadlock e IPC

Para abordar a Gerência de Dispositivos (E/S), além dos *slides* sobre os conceitos teóricos, há uma simulação sobre como o SO realiza as operações de E/S de dados através dos dispositivos do computador, além das simulações sobre interrupções e métodos de E/S (Figura 3).

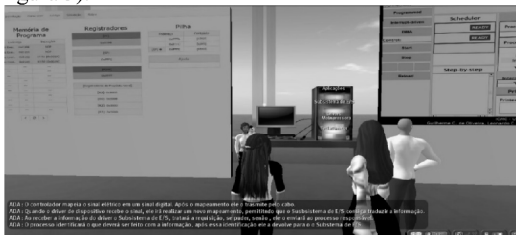


Figura 3. Gerência de Dispositivos

Na Gerência de Memória são abordados os conceitos de Hierarquia de Memória e uma simulação sobre Gerência de Memória através da qual os estudantes observam como os algoritmos de alocação da memória e falha de páginas são gerenciados pelo SO.

Na sala de atividades do *CyberOS* o estudante pode encontrar diversas atividades individuais ou em grupo, síncronas ou assíncronas.

4. ANÁLISES E DISCUSSÕES DOS RESULTADOS

Com relação ao Questionário de Sondagem uma das respostas dos estudantes (Figura 4) que vale discutir é a seguinte: “A que você atribui as dificuldades encontradas na assimilação do (s) conteúdo(s)”? Os itens que mais se destacaram foram “Complexidade dos conteúdos abordados” e “Alto Nível de abstração”.

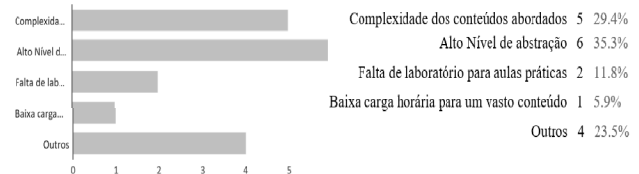


Figura 4. Dificuldades na assimilação dos conteúdos de SO

Ainda em 2002, [3] já percebia que uma das principais dificuldades da disciplina de SO é a inexistência de uma sequência didática clara entre os diversos assuntos a serem abordados. A causa desta dificuldade seria devida a característica de inter-relacionamento das tarefas executadas pelo SO:

Por exemplo, a noção de contexto de processo depende de conceitos associados a gestão de memória, como o espaço de endereçamento, enquanto esta depende de conceitos oriundos da gestão de processos, como o estado dos processos [3].

A análise do Questionário de Sondagem levou a proposta do protótipo, *CyberOS*, como recurso didático pedagógico capaz minimizar ou mesmo solucionar as dificuldades apresentadas no ensino e aprendizagem de SO.

O teste de validação do *CyberOS* avaliou aspectos, tais como:

- Usabilidade.
- Recursos motivacionais e interesse na disciplina.
- Imersão, interação e colaboração no ambiente *CyberOS*.
- Comparação entre o ambiente físico da sala de aula e o ambiente virtual imersivo.
- Papel do software como facilitador do processo de aprendizagem.

Com relação a usabilidade pode-se perceber que os alunos avaliaram positivamente o ambiente. 90% concordaram plenamente ou parcialmente (Figura 5).

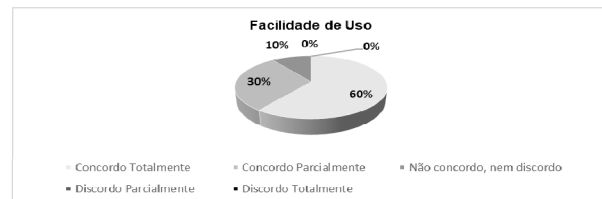


Figura 5. Facilidade de uso

Ainda sobre usabilidade, 60% dos participantes da pesquisa concordaram que o *CyberOS* possui simulações e terminologias consistentes com a disciplina de SO (Figura 6).

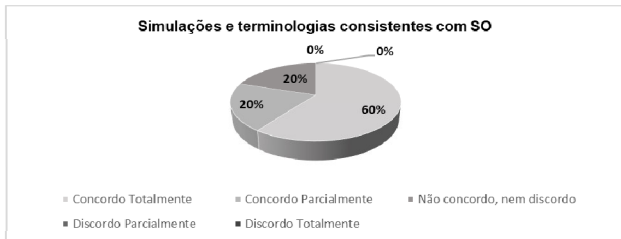


Figura 6. Simulações e terminologias consistentes com SO

As questões analisadas acima permitiram concluir que a usabilidade presente no *CyberOS* foi avaliada positivamente pelos participantes.

Sobre a comparação da exposição de conceitos no *CyberOS* com as aulas expositivas utilizando recursos tradicionais, 70% concordaram, total ou parcialmente, que as simulações foram suficientes para suprir as dificuldades (Figura 7).



Figura 7. Suficiência do CyberOS.

Outro dado importante foram as respostas acerca do *CyberOS* como uma ferramenta que pode complementar o ambiente da sala de aula, onde 100% dos participantes concordam totalmente com a afirmativa. (Figura 8).



Figura 8. Ferramenta complementar da sala de aula.

No entanto, quando questionados sobre se o *CyberOS* pode substituir a sala de aula os estudantes responderam conforme gráfico da Figura 9.

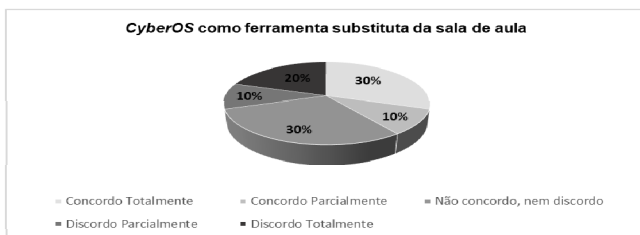


Figura 9. Como ferramenta substitua da sala de aula.

Os alunos concordam, totalmente ou parcialmente (Figura 10) que ele é uma ferramenta facilitadora o estudo teórico de conteúdos de SO.

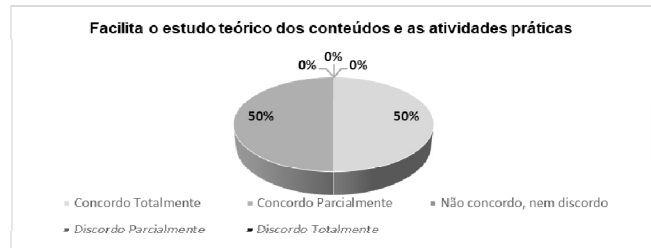


Figura 10. Facilita o estudo teórico dos conteúdos e as atividades práticas.

Outra questão indagou se o *CyberOS* torna o aprendizado mais dinâmico, interessante e menos abstrato. 100% dos participantes da pesquisa concordaram totalmente (Figura 11).



Figura 11. O CyberOS torna o aprendizado mais dinâmico, interessante e menos abstrato

O *CyberOS* oferece mecanismos de colaboração real entre os participantes. 80% concordaram plenamente que sim. (Figura 12).

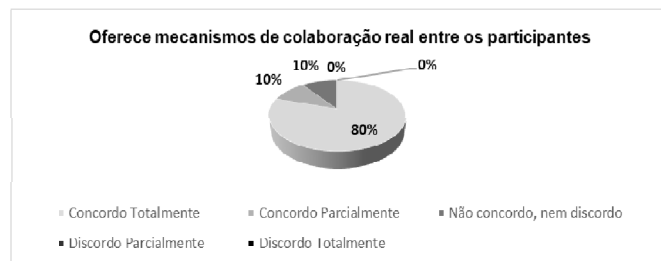


Figura 12. Oferece mecanismos de colaboração real entre os participantes.

Ao analisar os gráficos pode-se corroborar com [16], no que diz respeito as vantagens da interação proporcionada por um mundo virtual 3D no contexto educacional:

A viabilidade de criar espaços de aprendizagem mais lúdicos e ricos de grandes proporções, desperta nos alunos uma maior e mais prazerosa interação com o professor, o conteúdo, os colegas, e, principalmente, os objetos e o próprio ambiente, em seu itinerário de aprendizagem [16].

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa foi impulsionada pelas dificuldades encontradas no ensino e aprendizagem de Sistemas Operacionais (SO), e demonstrou, através da aplicação de questionários de sondagem, que tais dificuldades devem-se, ao alto nível de abstração que envolve seus conceitos básicos. Concluiu-se que os conteúdos complexos e a falta de recursos didáticos para aulas práticas da disciplina também são dificuldades encontradas pelos professores da disciplina.

O *CyberOS* mostrou ser um ambiente virtual 3D que simula de forma bastante interativa o funcionamento de um SO. Os estudantes, sujeitos desta pesquisa, puderam visualizar o funcionamento das gerências dos diversos recursos do computador. Selecionando opções através de botões, interagindo com os objetos, manipulando valores e observando resultados das simulações.

No entanto, vale ressaltar que o nível de qualidade do ensino que o *CyberOS* pode proporcionar não depende só da interação. Ele depende também de fatores, tais como: o envolvimento do estudante, a metodologia pedagógica dos docentes, os materiais e recursos disponibilizados no ambiente.

Deste modo, esta pesquisa empenhou-se em contribuir para o processo de construção de conhecimento dos complexos conceitos e cenários que envolvem a disciplina de SO.

A validação do *CyberOS* provou que os requisitos levantados para a ferramenta e as especificações elencadas em seu projeto foram implementados e constatados pelos estudantes durante as experimentações.

Ademais, a ferramenta desenvolvida demonstrou está pronta para ser utilizada em instituições de ensino superior em Computação como alternativa ou complemento de sala de aula o que irá proporcionar uma aprendizagem mais efetiva.

6. REFERENCIAS

- [1] SBC - Sociedade Brasileira de Computação. Currículo de Referência da SBC para Cursos de Graduação em Computação e Informática. 2005. Disponível em: <<http://www.sbc.org.br/documentos-da-sbc/send/131-curriculos-de-referencia/760-curriculo-de-referencia-cc-ec-versao2005>>. Acesso em: 25 jul. 2016.
- [2] GARMPIA, A. Design and development of a web-based interactive software tool for teaching operating systems. *Journal of Information Technology Education*, v. 10, n. 5, 2011.
- [3] MAZIERO, C. Reflexões sobre o ensino prático de sistemas operacionais. In: WORKSHOP SOBRE EDUCAÇÃO EM COMPUTAÇÃO DA SBC, 10., 2002. Anais... São Paulo, p. 1-12, 2002.
- [4] STUART, Brian L. Princípios de sistemas operacionais: projetos e aplicações. São Paulo, SP: Cengage Learning, 2011. 655 p.
- [5] GADELHA, R. N. S.; AZEVEDO, R.; OLIVEIRA, H. T.; SOUZA, C. C.; SOUSA, T.; SILVA, E. L. OS simulator: um simulador de sistema de arquivos para apoiar o ensino/aprendizagem de sistemas operacionais. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO, 10., 2010 João Pessoa, Anais... João Pessoa, PB. 2010.
- [6] MAIA, L. P. SOSim: Simulador para o Ensino de Sistemas Operacionais. 2001. 85 f. Dissertação (Mestrado em Computação) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, 2001.
- [7] TANENBAUM, A. S. Sistemas operacionais modernos. 3. ed. São Paulo: Prentice-Hall, 2010.
- [8] GUEDES, J. R.; GUEDES, C. L. Hipermídia Auxílio ao Ensino de Sistemas Operacionais. In: II CONGRESSO SUL CATARINENSE DE COMPUTAÇÃO (SULCOMP2006). Criciúma, SC. 2006.
- [9] REIS, F. P.; COSTA, H. A. X. C. TBC-SO/WEB: software educativo para aprendizagem de políticas de escalonamento de processos e de alocação de memória em sistemas operacionais. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO, 19., 2009, Anais... Florianópolis: UFSC, 2009.
- [10] SOUZA C. C. de, MEDEIROS, T. R., GADELHA, R. N. S., SOUSA, T. D. N. de, SILVA, E. L., AZEVEDO, R. R. de. Um ambiente integrado de simulação para auxiliar o processo de ensino/aprendizagem da disciplina de sistemas operacionais. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO, 12., 2011, Anais... Aracaju, SE, p. 406-414. 2011.
- [11] GONÇALVES, H. W. M. S.; BORTOLUZZI, F.; ZEFERINO, C. A.; Desenvolvimento de um sistema operacional de tempo real para um microcontrolador básico. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE SISTEMAS COMPUTACIONAIS, 3., 2013. Niterói, Anais... Niterói, RJ: UFF. 2013.
- [12] MEDEIROS, T.; SOUZA, C.; SOUSA, T.; GADELHA, R.; LEITE, E.; DELFINO JÚNIOR, J. IO simulator: um simulador de dispositivos de entrada e saída para auxiliar o ensino de sistemas operacionais. In: WORKSHOP DE EDUCAÇÃO E INFORMÁTICA. XXXI CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE COMPUTAÇÃO. 2011.
- [13] MORSELLI, J. C. de M. Um Estudo sobre a Utilização de Procedimentos de Ensino na Disciplina de Sistemas Operacionais. In: II Workshop em Educação em Computação e Informática do Estado de Minas Gerais. Poços de Caldas, MG. 2003.
- [14] MACHADO, F. B.; MAIA, L. P. Um framework construtivista no aprendizado de Sistemas Operacionais – uma proposta pedagógica com o uso do simulador SOSim. In: WORKSHOP DE EDUCAÇÃO EM COMPUTAÇÃO (WEI), XXIV CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE COMPUTAÇÃO, 12., 2004, Salvador. Anais ... Salvador, BA. 2004.
- [15] LOPES, A. R. MEMO: software de apoio didático para o ensino de gerência de memória. 2012. 73 f. Dissertação (Mestrado Profissional Integrado em Computação Aplicada) – Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, CE. 2012.
- [16] MATTAR, J. Interatividade e aprendizagem. In: IJTTO, F. M.; FORMIGA, M. M. M. (Orgs.). Educação a distância: o estado da arte. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2009. cap. 16, p. 112-120.