

Objetos de Aprendizagem no Ensino de Sistemas Operacionais: Revisão Sistemática da Literatura Nacional

Bruno Sampaio Leite, ICT/UNIFESP,
 <bruno.sampaio08@unifesp.br>, <<https://orcid.org/0009-0002-2346-0547>>
 Denise Stringhini, ICT/UNIFESP,
 <dstringhini@unifesp.br>, <<https://orcid.org/0000-0002-9729-4302>>
 Tiago de Oliveira, ICT/UNIFESP,
 <tiago.oliveira@unifesp.br>, <<https://orcid.org/0000-0002-3676-5967>>

Resumo: A disciplina de Sistemas Operacionais integra o conjunto central das disciplinas de sistemas, sendo oferecida na maioria dos cursos de graduação da área de computação no Brasil. Diante disso, o estudo se propôs a analisar o cenário da literatura nacional no que tange ao ensino e aprendizagem desta disciplina, com ênfase na utilização de tecnologias e objetos de aprendizagem, a fim de identificar quais tipos de recursos são produzidos, seus objetivos e resultados. Para tanto, foi realizada uma revisão sistemática da literatura, cuja busca inicial retornou 69 artigos. Em seguida, foram aplicados diferentes critérios de exclusão, como artigos duplicados, estudos secundários, ou casos em que a leitura do título indicou se tratar de um artigo não relacionado ao tema. Esse processo evidenciou que apenas oito artigos trataram, efetivamente, do tema proposto, indicando escassez na literatura brasileira. Utilizou-se, por fim, uma abordagem de análise fundamentada na resposta a uma questão principal, por meio de questões específicas e questões de *quality assessment*. Finalmente, a análise permitiu concluir que todos os artigos contemplam o desenvolvimento de objetos de aprendizagem, mas carecem de sustentação metodológica, indicando ainda a necessidade de maior formalidade nos estudos produzidos, com foco também na metodologia e não tão somente na tecnologia.

Palavras-chave: sistemas operacionais, ensino, objetos de aprendizagem.

Learning Objects in Operating Systems Teaching: Systematic National Literature Review

Abstract: The Operating Systems course is part of the core set of systems disciplines and is offered in most undergraduate computing programs in Brazil. In this context, the present study aimed to analyze the national literature regarding the teaching and learning of this discipline, with emphasis on the use of technologies and learning objects, in order to identify which types of resources are produced, their objectives, and outcomes. To this end, a systematic literature review was conducted, with the initial search yielding 69 articles. Subsequently, different exclusion criteria were applied, such as duplicate articles, secondary studies, or cases in which the title indicated that the article was not related to the topic. This process revealed that only eight articles effectively addressed the proposed topic, indicating a scarcity in the Brazilian literature. Finally, an analytical approach was adopted, based on answering the main research question through specific questions and quality assessment questions. Ultimately, the analysis showed that all selected articles involve the development of learning objects, but lack methodological support, further indicating the need for greater formality in the studies produced, with an emphasis on methodology and not solely on technology.

Keywords: operating systems, teaching, learning objects.

1. Introdução

A disciplina de Sistemas Operacionais está presente na maioria dos cursos de graduação em computação, compondo o núcleo das chamadas “disciplinas de sistemas”, que incluem, além de Sistemas Operacionais, Arquitetura e Organização de Computadores, Redes de Computadores e Compiladores (MAZIERO, 2002; PAMPLONA; MEDINILLA; FLORES, 2018). Dentre estas, Sistemas Operacionais é comumente referenciada como a mais complexa devido a características únicas desse tipo de software. Para que um Sistema Operacional seja compreendido em sua integralidade, é necessária a compreensão de conceitos e algoritmos diversos e distintos, mas, ao mesmo tempo, complementares, simultânea e conjuntamente (MAZIERO, 2002).

Por se tratar de um software extremamente complexo e com altíssimos níveis de abstração, devido à sua proximidade com o hardware, os alunos tendem a ter dificuldades no aprendizado de sistemas operacionais (MAZIERO, 2002). Desse modo, ao longo dos anos, diversas técnicas de ensino de sistemas operacionais foram propostas e analisadas. As características dessas técnicas variam desde os objetivos - se o aluno deve aprender conceitos teóricos ou construir um sistema operacional - até os recursos empregados, como sistemas reais, ambientes de ensino, simuladores, entre outros (PAMPLONA; MEDINILLA; FLORES, 2018). Na literatura encontram-se alguns objetos de aprendizagem para o ensino de conceitos de Sistemas Operacionais, como o feSO (LUSTOSA; CABRAL, 2018), um sistema operacional para fins educativos, e o WebJuvia (SILVA; JUNIOR; CARMONA, 2021), um simulador de algoritmos de gerenciamento de memória, entre outros. Entretanto, a ausência de estudos dedicados a entender e propor métodos que contribuam para a capacitação no uso, desenvolvimento e avaliação destes objetos, aliada à baixa formalidade dos objetos existentes, cria uma lacuna a ser preenchida na área.

Por conseguinte, a realização de um levantamento do conhecimento produzido na literatura nacional sobre o desenvolvimento e a utilização de objetos de aprendizagem no ensino de sistemas operacionais permitiria analisar como esses estudos são conduzidos, além de possibilitar a proposição de direcionamentos para futuras produções.

O artigo está estruturado da seguinte forma: Na seção 1, apresenta-se uma introdução sobre o tema, a necessidade e as motivações do presente trabalho. Na seção 2, discorre-se sobre a metodologia utilizada e a execução do protocolo de revisão sistemática, explicando as questões de pesquisa adotadas, além da racionalização do processo de busca e seleção dos artigos. Na seção 3, apresentam-se os resultados e discute-se cada artigo incluído na revisão. Por fim, na seção 4, realiza-se uma análise crítica dos resultados apresentados.

2. Metodologia de Pesquisa e Execução do Protocolo de Revisão Sistemática

Segundo Sampaio e Mancini (2007, p. 84),

Uma revisão sistemática, assim como outros tipos de estudo de revisão, é uma forma de pesquisa que utiliza como fonte de dados a literatura sobre determinado tema.

Dessa forma, a realização desse tipo de estudo proporciona uma visão abrangente do conhecimento existente em determinada área, permitindo identificar com maior clareza os caminhos mais adequados para o avanço. Podem ser citadas diversas razões para a realização de uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL) (KITCHENHAM; CHARTERS, 2007):

- Sintetizar e organizar as evidências disponíveis acerca de uma tecnologia ou tratamento específico.
- Identificar lacunas existentes em determinada área de pesquisa.
- Fornecer um *framework* ou uma base para pesquisas futuras.

- Confirmar ou refutar a hipótese de uma pesquisa, além de auxiliar na definição de novas hipóteses.

A metodologia adotada se baseou na abordagem utilizada por Hartwig et al. (2019), propondo-se uma Questão Principal (QP) a ser respondida e três Questões Específicas (QEs), que auxiliam na resposta à QP. Além disso, foi realizada uma avaliação da aderência dos artigos por meio de perguntas de *quality assessment* (QA) nos moldes propostos por Kitchenham e Charters (2007). As questões são apresentadas na subseção 2.1, acompanhadas de uma breve explicação sobre sua escolha. Em seguida, na subseção 2.2, descreve-se a formulação da *string* de busca, assim como a escolha dos veículos de pesquisa. Por fim, na subseção 2.3, são expostos os critérios de inclusão e exclusão dos artigos obtidos através da busca. O estudo foi realizado com o auxílio das ferramentas Parsif.al e *Google Sheets*.

2.1 Questões de Pesquisa e *Quality Assessment*

Conforme Hartwig et al. (2019), propôs-se inicialmente uma Questão Principal (QP) a ser respondida pela revisão: Qual é o estado atual da literatura nacional acerca do desenvolvimento e da utilização de Objetos de Aprendizagem (OA) e outras tecnologias na disciplina de Sistemas Operacionais no ensino superior brasileiro? A pergunta principal de uma RSL, entretanto, pode ser genérica e difícil de ser respondida por si só. Por isso, optou-se pela elaboração de Questões Específicas (QE), identificadas por um número. É importante notar que as questões mencionam apenas “tecnologia”, e não “objetos de aprendizagem”, o que foi feito para garantir maior generalidade na inclusão e análise dos artigos, sem exigir a formalização da proposta como um OA.

Considerou-se necessária a elaboração de três Questões Específicas (QE):

- QE1: Quais são as metodologias utilizadas na construção da tecnologia?
- QE2: Como é feita a avaliação da tecnologia proposta?
- QE3: Existe uma comparação entre a tecnologia proposta e outras existentes? Qual a conclusão acerca desta comparação?

Ao responder essas três perguntas para cada artigo incluído na RSL, torna-se possível fornecer uma resposta satisfatória para a QP proposta.

Após a leitura dos artigos e a resposta às QEs, realiza-se também uma avaliação da aderência desses artigos por meio das questões de *quality assessment* (QA). Foram propostas, portanto, quatro questões para QA:

- Existe uma formalização (no desenvolvimento ou proposição) da tecnologia desenvolvida ou proposta?
- A tecnologia é um objeto de aprendizagem?
- A tecnologia é avaliada?
- A tecnologia é comparada a outras?

É importante notar que essas questões foram formuladas considerando os principais temas recorrentes em estudos desse tipo, com base no conhecimento prévio sobre a literatura da área.

Cada uma das questões de QA é avaliada e pontuada para cada um dos artigos. Este, por sua vez, pode receber pontuação total, obtendo 2,5 pontos por questão; pontuação parcial, com 1,25 ponto; ou não pontuar. O limiar de exclusão (*cutoff*) foi definido em 0 (cada artigo pode receber pontuação de 0 a 10 pontos), com o objetivo de excluir apenas artigos completamente não aderentes, permitindo a discussão de artigos considerados de baixa aderência pelo estudo, mas que ainda assim possam contribuir para a conclusão.

2.2 Processo de Busca

O processo de busca tem início com a definição das fontes a serem utilizadas. Após busca prévia nas principais fontes brasileiras, ficou evidente que os principais artigos da área estão concentrados em três deles: SOL (SBC Open Lib - Biblioteca Digital da Sociedade Brasileira de Computação), Portal CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) e Revista RENOTE (Revista Novas Tecnologias na Educação). Essas três fontes contemplam grande parte da produção científica brasileira, com destaque para o Portal CAPES que funciona como um agregador e para a Revista RENOTE, específico da área de educação e tecnologia. Ao se realizar a busca, entretanto, notou-se uma escassez de artigos na área, que será discutida posteriormente, e decidiu-se por utilizar também o motor de busca *Google Scholar*.

Após a definição das fontes a serem utilizadas, foi possível trabalhar na *string* de busca de artigos. Inicialmente, foi utilizada a *string* ‘(**“sistemas operacionais”**) AND (**“aprendizado”** OR **“aprendizagem”** OR **“ensino”**) AND (**“metodologia”** OR **“método”** OR **“sistema”** OR **“objeto de aprendizagem”**)’. É possível notar que esta *string* é bastante restritiva, pelo encadeamento de ANDs, exigindo obrigatoriamente pelo menos três dos termos listados. Devido à essa restrição, a *string* se mostrou limitante demais, e somente 18 artigos foram retornados para as três fontes inicialmente selecionadas, sendo 2 do SOL e 16 no Portal CAPES. Portanto, foi necessário buscar uma *string* mais abrangente, e o último AND foi removido, resultando em ‘(**“sistemas operacionais”**) AND (**“aprendizado”** OR **“aprendizagem”** O **“ensino”**)’. O resultado, apesar de limitado, foi mais razoável: um total de 69 artigos foram retornados. Essa *string*, entretanto, foi a mais abrangente obtida sem prejudicar o escopo pretendido e, portanto, é utilizada no estudo. Houve tentativas de abranger mais a frase como, por exemplo, em ‘(**“sistemas operacionais”**) AND (**“aprendizado”** OR **“aprendizagem”** OR **“ensino”** OR **“objeto de aprendizagem”**)’, entretanto os resultados foram os mesmos, provavelmente pela redundância entre os termos do segundo AND.

Os 69 artigos encontrados nas três fontes iniciais foram considerados limitados e decidiu-se por tentar utilizar o *Google Scholar* como fonte extra. Entretanto, ao utilizar a busca sem restrições com a *string* nesta fonte, dezenas de milhares de artigos são retornados, o que torna o estudo impraticável. Em alguns estudos que fazem a utilização desta fonte, é comum analisar apenas as páginas iniciais retornadas pelo *Google Scholar* como passíveis de serem incluídas na RSL, entretanto, isso prejudica a replicabilidade da RSL que está sendo elaborada. Foi utilizada então a opção de retornar somente artigos revisados, disponível na interface do buscador, fazendo com que fossem retornados 120 artigos. Pretendia-se fazer a inclusão destes artigos na RSL, entretanto, após análise inicial, nenhum dos 120 artigos foi selecionado, com 117 artigos sendo considerados não relacionados, além de dois estudos secundários e um já incluído por outra fonte.

Desse modo, optou-se por citar a busca na metodologia, mas pela não inclusão do *Google Scholar* na revisão, de modo a manter a consistência dos números obtidos. A Tabela 1 representa os artigos do *Google Scholar* por motivo de exclusão.

Tabela 1 – Motivo da Exclusão - *Google Scholar*

Motivo da Exclusão	Número de Artigos	Porcentagem
Após Leitura do Título - Não Relacionado	117	97,5%
Estudos Secundários	2	1,67%
Artigos Repetidos	1	0,83%

Fonte: Elaborada pelos autores.

2.3 Escolha dos Artigos

Utilizou-se cinco critérios para a exclusão de artigos retornados:

- Artigo duplicado
- Após leitura do título - Não relacionado
- Após leitura do resumo - Não relacionado
- Estudo internacional
- Estudo secundário

Caso um artigo não se encaixe em nenhum dos critérios de exclusão adotados, este é incluído na RSL. Os artigos, por sua vez, passam por uma leitura completa visando analisar as questões de QA e responder às QEs definidas. A Tabela 2 mostra quantos artigos foram retornados para cada um dos repositórios. A Figura 1 corresponde a um gráfico de setores mostrando a porcentagem de artigos para cada uma das fontes.

Tabela 2 – Artigos retornados e incluídos para cada repositório

Repositório	Artigos Retornados	Artigos Selecionados
SOL	9	4
Revista RENOTE	4	3
Portal CAPES	56	1

Fonte: Elaborada pelos autores.

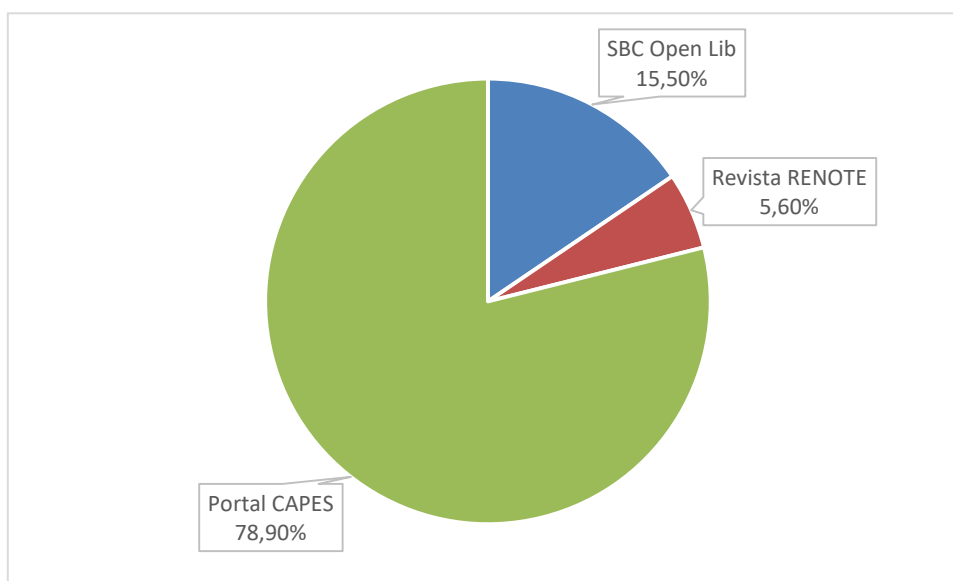


Figura 1 – Gráfico de Setores - Artigos por Fonte

Fonte: Elaborada pelos autores.

É possível notar, portanto, que apesar do grande volume de artigos retornados pelos repositórios, apenas uma pequena quantidade acabou sendo incluída na RSL, com uma taxa de exclusão de 88,4%.

Nota-se que quase metade dos artigos incluídos são da revista RENOTE, apesar desta ter retornado pouquíssimos trabalhos na busca inicial, fazendo com que sua taxa de inclusão seja de 75%. Isto se deve, provavelmente, ao fato de a revista ter como foco a educação e a tecnologia, que é o tema principal da RSL. Na Tabela 3 estão os motivos de exclusão para os repositórios SOL, RENOTE e CAPES.

Tabela 3 – Motivo da Exclusão - SOL, RENOTE e CAPES

Motivo da Exclusão	Número de Artigos	Porcentagem
Após Leitura do Título - Não Relacionado	35	54,69%
Após Leitura do Resumo - Não Relacionado	17	26,56%
Estudos Secundários	2	3,13%
Artigos Repetidos	9	14,06%
Estudo Sobre o Cenário Internacional	1	1,56%

Fonte: Elaborada pelos autores.

É possível perceber, portanto, que a maioria dos artigos foi rejeitado após uma breve leitura do título. Apenas um artigo foi rejeitado por não se tratar de um estudo sobre o contexto nacional. É importante notar, entretanto, que alguns artigos poderiam ter sido rejeitados por mais de um motivo, mas a rejeição seguiu a ordem contida na lista definida no primeiro parágrafo da subseção 2.3, e, portanto, um artigo repetido não é excluído por não-relação com o tema, por exemplo, e podem ter artigos não-relacionados sobre o contexto internacional ou que são secundários, mas que não foram rejeitados por este motivo.

3. Resultados e Discussão

Concluídos os processos de busca, inclusão e exclusão, é possível iniciar a leitura completa dos artigos para realizar a avaliação de aderência e responder às questões específicas (QEs). Na Tabela 4 estão referenciados os artigos incluídos, bem como suas respectivas notas nas questões de QA e os veículos nos quais foram publicados. A primeira coluna da tabela corresponde ao identificador único de cada estudo, para posterior referência durante a discussão das questões. Além disso, para maior clareza, a Tabela 5 apresenta os títulos relacionados a cada identificador.

Tabela 4 – Artigos retornados e incluídos para cada repositório

Identificador (ID)	Referência	Avaliação	Veículo
ID1	(ANDRADE et al., 2016)	10,00	RENOTE
ID2	(FIGUEIREDO; SANTOS; RAMOS, 2020)	7,50	Informática na educação: teoria & prática
ID3	(HOSS et al., 2019)	0,00	Anais do XXVII Workshop sobre Educação em Computação
ID4	(LUSTOSA; CABRAL, 2018)	7,50	Revista Eletrônica de Iniciação Científica em Computação
ID5	(MACEU; SOUSA, 2018)	3,75	RENOTE
ID6	(MOREIRA; LIMA; BRUMATTO, 2018)	3,75	Anais do XVIII Escola Regional de Computação Bahia, Alagoas e Sergipe
ID7	(REIS et al., 2016)	6,25	RENOTE
ID8	(SILVA; JUNIOR; CARMONA, 2021)	7,50	Anais do Simpósio Brasileiro de Educação em Computação

Fonte: Elaborada pelos autores.

Em ID1, o autor propôs o uso de um braço robótico para o ensino de conceitos relativos a gerenciamento de processos. Os movimentos do braço, que incluem subir, descer, mover-se lateralmente e abrir ou fechar as mãos, são processos que devem ser executados e sujeitos a preempção. Já em ID2, foi proposto um jogo lúdico em que o aluno é colocado na

posição do sistema operacional e deve calcular o tempo médio para execução de um processo com base no algoritmo de escalonamento fornecido, exercitando, assim, conceitos de gerenciamento de processos. Em ID3 o autor realizou uma análise da aprendizagem gerada no contexto de sistemas operacionais ao implementar algoritmos de processamento paralelo e *hyper-threading*.

Em ID4, foi proposto um sistema operacional educacional para arquiteturas x86, chamado de feSO, que é composto por um *kernel* com gerenciador de memória, gerenciador de processos, sistema de arquivos, *device drivers* e *bootloader*. O feSO, entretanto, é mais simples do que SOs reais, a fim de possibilitar a modificação e compreensão do código de forma mais acessível para estudantes e educadores. No estudo ID5 foi proposto o CyberOS, um Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA) com o objetivo de tornar lúdico o aprendizado de conceitos de Sistemas Operacionais, utilizando o metaverso para implementar diversos *minigames* que auxiliam na aprendizagem.

Tabela 5 – Artigos - Identificador, Título e Ano de Publicação

Identificador (ID)	Título e Ano de Publicação
ID1	Uso de um braço robótico como elemento de aprendizagem no ensino de Sistemas Operacionais (2016)
ID2	<i>Speed Schedule</i> - Jogo para auxílio no estudo das políticas de escalonamento em Sistemas Operacionais (2020)
ID3	Processamento Paralelo com <i>Hyper-Threading</i> : Uma Análise de Desempenho Como Instrumento de Ensino e Aprendizagem em Sistemas Operacionais (2019)
ID4	feSO: Um Sistema Operacional Para Fins Educativos (2018)
ID5	Um ambiente virtual imersivo para o ensino de Sistemas Operacionais: concepção e primeiras análises (2018)
ID6	Recompilação do Núcleo como Atividade Prática no Gerenciamento de “Chamadas de Sistemas” no Ensino de Sistemas Operacionais (2018)
ID7	Modelo de sistema operacional básico para ensino na Ciência da Computação (2016)
ID8	WebJuvia: Simulador Web de Apoio ao Ensino de Gerência de Memória na Disciplina de Sistemas Operacionais (2021)

Fonte: Elaborada pelos autores.

Em ID6, foi proposta a implementação de um programa em espaço de *kernel* pelo aluno, a fim de familiarizá-lo com as bibliotecas, APIs e conceitos existentes nesse espaço. Já em ID7, foi implementado um SO básico chamado de Modelo de Sistema Operacional Básico (MSOB), composto por um *kernel* monolítico com gerenciamento de memória e de processos, sistema de arquivos e de entrada e saída. O objetivo é que os alunos realizem atividades no MSOB para a fixação de conceitos relacionados a Sistemas Operacionais. Por fim, em ID8 foi implementado o WebJuvia, um simulador baseado em *web* para a visualização de um gerenciador de memória com diversos algoritmos de gerência diferentes, a fim de auxiliar no aprendizado de conceitos relacionados a esta parte de um SO real.

É importante notar, de acordo com a Tabela 4, que, dos 8 estudos mencionados, o estudo ID3 não obteve nenhuma pontuação e, portanto, foi excluído da análise em relação às QEs. Do ponto de vista da aderência, este estudo não propõe tecnologias para auxílio no ensino ou aprendizagem de sistemas operacionais, limitando-se a apresentar um método de avaliação para essa disciplina a partir do uso de algoritmos de processamento paralelo.

3.1 Questões Específicas

A partir de agora, portanto, é possível avaliar os artigos tendo em vista as QEs, para que, posteriormente, se formule uma resposta à QP.

3.1.1 [QE1] Quais são as metodologias utilizadas na construção da tecnologia?

Durante a análise para a resposta da primeira QE, já se nota a falta de formalismo no desenvolvimento de ferramentas para o ensino da disciplina de sistemas operacionais. De fato, a maior parte dos artigos não apresenta uma metodologia clara para o desenvolvimento da tecnologia e, além disso, o termo “objeto de aprendizagem” não é citado por nenhum dos estudos, sendo possível, entretanto, incluí-los nessa categoria conhecendo a definição do IEEE para um OA:

Qualquer entidade, digital ou não, que é utilizada no aprendizado, educação ou treinamento (IEEE, 2020, p. 11, tradução nossa).

Podemos tomar como exemplo o estudo ID1, no qual a seção “Materiais e Métodos” se limita a descrever as tecnologias e materiais utilizados na construção do objeto, como linguagens e protocolos; em seguida, o objeto é apresentado, com imagens e descrições do funcionamento externo e das interfaces do usuário. Não é realizado, entretanto, nenhum levantamento sobre a necessidade da construção do OA ou sobre práticas de desenvolvimento para aperfeiçoamento da capacidade de ensino da tecnologia, como se esperaria de um objeto de aprendizagem formal.

Por sua vez, os estudos ID2, ID5, ID6 e ID7 realizam um breve levantamento das dificuldades e deficiências do ensino de sistemas operacionais, no qual aparentam basear a solução apresentada. Essa motivação, entretanto, não fica clara, e por vezes o levantamento serve apenas como uma introdução à tecnologia a ser desenvolvida. Ainda assim, responderiam apenas parcialmente à questão, pontuando 1,25, pois apesar da utilização implícita de certas partes da metodologia de desenvolvimento - o levantamento de requisitos - não avançam além disso e, logo em seguida, introduzem o desenvolvimento do OA. Nesse quesito, destaca-se o estudo ID8 que faz um extenso levantamento comparativo do estado da arte em objetos de aprendizagem para a disciplina de sistemas operacionais e deixa claro o objetivo de suprir as lacunas presentes nos objetos de aprendizagem já existentes com o OA proposto.

3.1.2 [QE2] Como é feita a avaliação da tecnologia proposta?

Através das questões de QA, observa-se que nem todos os artigos apresentam uma avaliação da tecnologia proposta, e alguns o fazem parcialmente. Nomeadamente, os estudos ID1, ID2 e ID7 apresentam uma avaliação completa do objeto, isto é, avaliam tanto o impacto acadêmico da utilização da proposta quanto questões de satisfação e usabilidade dos alunos. Nesse aspecto, o artigo ID1 se destaca utilizando ainda de um grupo de controle com alunos que não fizeram a utilização do OA desenvolvido para comparação do impacto real na aprendizagem com o grupo de alunos que utilizaram o OA desenvolvido. Os demais estudos realizam apenas uma avaliação pós-aplicação com voluntários, mas não há a comparação com alunos que não fizeram o uso do OA. Ainda assim, relatam um bom aproveitamento por parte dos usuários, que conseguiram uma boa fixação do conteúdo. Por fim, os voluntários responderam a um questionário de satisfação, que teve por objetivo o levantamento da satisfação e possíveis melhorias sobre a usabilidade.

Os trabalhos ID5 e ID6 recebem nota parcial, pois realizam apenas o levantamento de satisfação por parte dos voluntários, que avaliam critérios como usabilidade, se recomendariam o uso, e se sentem que há maior facilidade na fixação do conteúdo com o uso do objeto. Os artigos ID4 e ID5 não realizam nenhuma forma de avaliação do OA proposto. É interessante notar também que o estudo ID4 pontua acima da média, com nota 7,50 nas questões de QA, e a única questão em que não pontua é justamente acerca da avaliação. Apesar de propor diversos métodos para aplicação do OA desenvolvido em sala de aula, mostrando ainda potenciais impactos que esta utilização poderia ter, decide por não avaliar nenhuma delas na prática, o que limita uma conclusão acerca da usabilidade do estudo, reduzindo sua aderência a esta RSL.

3.1.3 [QE3] Existe uma comparação entre a tecnologia proposta e outras existentes? Qual a conclusão acerca desta comparação?

De todos os aspectos avaliados nos trabalhos, a menor pontuação veio das questões de QA relacionadas à QE3. Apenas os estudos ID1, ID4 e ID8 realizam a comparação, enquanto o estudo ID2 obtém a pontuação parcial de 1,25, pois faz um levantamento dos OAs pré-existentes, mas não realiza comparações propriamente ditas. Todos os demais artigos não pontuam no QA relacionado. Para o estudo ID1, entretanto, a comparação realizada é mais limitada. A utilização do SO proposto, um sistema operacional embarcado a um braço robótico, no qual os processos correspondem às ações do braço e que devem ser gerenciados pelo SO, é comparada com as aulas puramente expositivas. Em seguida, essa comparação é usada para propor o método de uso do OA no contexto da sala de aula, que deve ser empregado em paralelo à exposição do conteúdo teórico. Assim, o objeto torna-se um exemplo visível de como funciona um gerenciador de processos, pois esses processos se transformam em movimentos do braço que são preemptados, permitindo que o gerenciamento realize partes de diferentes movimentos até que sejam completados, possibilitando a visualização de como funcionaria um gerenciador de processos real. Por sua vez, o estudo ID4 apresenta uma comparação complexa, empregada em um processo que é fundamental durante a construção de um OA, mas que não é realizado por nenhum dos outros trabalhos incluídos. Primeiramente, é feito um levantamento dos SOs de Aprendizagem existentes na literatura para, em seguida, apontar como o OA proposto é capaz de suprir as necessidades atuais, diferenciando-se dos demais e, portanto, avançando o estado-da-arte. Nesse contexto, o estudo ID8 se destaca, entretanto, por realizar esta busca antes de construir o OA, identificando as carências existentes e, em seguida, se propondo a desenvolver o objeto de forma que este supra estas carências. Isso é considerado uma boa prática no desenvolvimento de objetos de aprendizagem e pode auxiliar em seu *design* e projeto, tornando-o mais efetivo e robusto.

4. Conclusão

Durante a realização da RSL, algumas concepções puderam ser confirmadas e novas concepções foram formadas. No estudo apresentado por Pamplona, Medinilla e Flores (2018), os autores identificaram dois objetivos distintos do ensino de Sistemas Operacionais: ensinar conceitos teóricos e abstratos de sistemas operacionais ou ensinar métodos para a construção e a implementação de um sistema operacional. Nenhum dos estudos analisados apresenta explicitamente o seu objetivo dentre os dois identificados. Em alguns dos estudos encontrados nessa RSL, particularmente nos simuladores gráficos (estudos ID2, ID5 e ID8) e no estudo ID1, é evidente que o objetivo é a fixação de conceitos teóricos da disciplina de sistemas operacionais, e não a construção de um novo SO. Nos demais estudos, entretanto, encontram-

se argumentos que fundamentam ambos os objetivos e, portanto, haveria uma maior clareza sobre o atendimento a ambos os objetivos caso esses argumentos fossem descritos nos artigos.

Como exposto, a maior parte dos artigos propõe objetos de aprendizagem sem utilizar uma metodologia formal para o seu desenvolvimento, ou realizar uma avaliação prévia da área de forma que o objeto seja inovador ou resolva um problema existente. Por conseguinte, não há menção às abordagens metodológicas adotadas ou às estratégias de ensino empregadas, limitando-se os artigos, em sua maioria, a apresentar os objetos desenvolvidos sem evidenciar sua efetividade pedagógica ou o interesse discente em sua utilização.

Também é possível classificar as tecnologias desenvolvidas pelos autores dos estudos encontrados de acordo com a taxonomia descrita por Pamplona, Medinilla e Flores (2018), podendo ser: Sistemas Operacionais Reais, Sistemas Operacionais de Aprendizagem, Projetos de Programação, Simuladores Gráficos, Ambientes de Aprendizado, Aprendizado Colaborativo, Quizzes, Jogos e Conhecimento Conceitual. Mapeando os estudos encontrados nessa RSL segundo a classificação anteriormente citada, observa-se: 3 estudos em Sistemas Operacionais de Aprendizagem, 3 estudos em Simulador Gráfico, 1 estudo em Projeto de Programação e nenhum dos demais métodos teve representação.

Nota-se, portanto, a ausência de estudos de OA que envolvam o uso de Sistemas Operacionais reais e mais complexos, como o Linux, por exemplo, em contraste com a predominância de estudos voltados à utilização e ao desenvolvimento de sistemas operacionais mais simples. Notou-se também uma tendência ao desenvolvimento de simuladores gráficos de algoritmos relacionados a sistemas operacionais, como os de gerenciamento de memória ou de processos.

Fica clara, ainda, a carência de estudos na área da tecnologia educacional nacional em sistemas operacionais. Uma RSL realizada nas principais bases do país apresenta apenas 8 estudos incluídos, os quais, em média pontuam pouco quando submetidos às questões de QA. Aqui, portanto, é possível responder à QP proposta: qual é o estado atual da literatura nacional acerca do desenvolvimento e utilização de objetos de aprendizagem e outras tecnologias na disciplina de Sistemas Operacionais no ensino superior brasileiro? A revisão deixa claro que essa é uma área na qual o país carece de mais estudos, especialmente de caráter metodológico e formal. Observa-se, por exemplo, que a maioria dos artigos encontrados na RSL propõe objetos de aprendizagem sem a utilização de um método claro ou sem a existência de uma avaliação ou comparação desses objetos, dificultando ao leitor avaliar sua aplicabilidade e efetividade e, ainda, sem sequer citar o termo “objeto de aprendizagem”.

Por fim, com esta revisão sistemática, é possível perceber a lacuna existente na literatura e, além disso, apontar que mesmo os estudos já existentes necessitam de maior rigor metodológico em sua realização, bem como de avaliações e definições mais precisas de seus objetivos e conclusões.

Referências

ANDRADE, R. H.; DIAS, M. A.; GARCIA, R.; PINTO, P. T.; WIEZZEL, A. C. S. Uso de um braço robótico como elemento de aprendizagem no ensino de sistemas operacionais. *Revista Novas Tecnologias na Educação (RENTE)*, Porto Alegre, v. 14, n. 1, 2016.

FIGUEIREDO, R. T.; SANTOS, V. M. L.; RAMOS, J. L. C. Speed schedule - jogo para auxílio no estudo das políticas de escalonamento em sistemas operacionais. *Informática na educação: teoria & prática*, v. 23, n. 1, 2020.

HARTWIG, A.; SILVEIRA, M.; FRONZA, L.; MATTOS, M.; KOHLER, L. Metodologias ativas para o ensino da computação: uma revisão sistemática e um estudo prático. In: Anais do XXV Workshop de Informática na Escola. Porto Alegre, RS, Brasil: SBC, 2019.

HOSS, D.; GIL, A.; SUERO, R.; YASUDA, A.; NASCIMENTO, J.; SILVA, J.; SILVA, L. Processamento paralelo com hyper-threading: Uma análise de desempenho como instrumento de ensino e aprendizagem em sistemas operacionais. In: Anais do XXVII Workshop sobre Educação em Computação. Porto Alegre, RS, Brasil: SBC, 2019.

IEEE. Standard for Learning Object Metadata. IEEE Std 1484.12.1-2020, p. 1–50, 2020.

KITCHENHAM, B. A.; CHARTERS, S. Guidelines for performing Systematic Literature Reviews in Software Engineering. Technical Report, 2007.

LUSTOSA, H. L. S.; CABRAL, F. L. feso: Um sistema operacional para fins educativos. Revista Eletrônica de Iniciação Científica em Computação, v. 16, n. 2, 2018.

MACEU, J. S.; SOUSA, V. L. P. Um ambiente virtual imersivo para o ensino de sistemas operacionais: concepção e primeiras análises. Revista Novas Tecnologias na Educação (RENOTE), Porto Alegre, v. 16, n. 1, 2018.

MAZIERO, C. Reflexões sobre o ensino prático de sistemas operacionais. In: Anais do X Workshop sobre Educação em Computação (WEI), XXII Congresso da SBC, 2002.

MOREIRA, I.; LIMA, S.; BRUMATTO, H. Recompilação do núcleo como atividade prática no gerenciamento de “chamadas de sistemas” no ensino de sistemas operacionais. In: Anais do XVIII Escola Regional de Computação Bahia, Alagoas e Sergipe. Porto Alegre, RS, Brasil: SBC, 2018.

PAMPLONA, S.; MEDINILLA, N.; FLORES, P. A systematic map for improving teaching and learning in undergraduate operating systems courses. IEEE Access, v. 6, 2018.

REIS, D. A. T.; DIAS, M. A.; GARCIA, R.; PINTO, P. T.; WIEZZEL, A. C. S. Modelo de sistema operacional básico para ensino na ciência da computação. Revista Novas Tecnologias na Educação (RENOTE), Porto Alegre, v. 14, n. 1, 2016.

SAMPAIO, R. F.; MANCINI, M. C. Estudos de revisão sistemática: um guia para síntese criteriosa da evidência científica. Brazilian Journal of Physical Therapy. v. 11, n. 1, 2007.

SILVA, E.; JUNIOR, W. V.; CARMONA, J. Webjuvia: Simulador web de apoio ao ensino de gerência de memória na disciplina de sistemas operacionais. In: Anais do Simpósio Brasileiro de Educação em Computação. Porto Alegre, RS, Brasil: SBC, 2021.