

SimulOSI - Um Simulador de Redes de Computadores como Ferramenta de Apoio para Gamificação na Disciplina de Fundamentos de Redes de Computadores

Title: *SimulOsi - A Computer Network Simulator as a Support Tool for Gamification in the Computer Network Fundamentals Course.*

Averaldo Juvenal Menezes Filho¹, Paulo Sérgio da Silva Loraschi², Henrique Neãnder Souza David³, Yuri Costa Matsuzaki⁴, Antonilson da Silva Alcantara⁵

^{1,2,3,4,5}Engenharia de Software – Universidade Estadual do Pará (UEPA) Rua Pedro Porpino, 1181 - Salgadinho/São José – 68745-000 – Castanhal – PA – Brasil

{averaldo.jm.filho, paulo.sds.loraschi, henrique.ns.david, yuri.c.matsuzaki}@aluno.uepa.br, antonilsonalcantara@gmail.com

Abstract. Introduction: The teaching of computer networks based on the OSI model often faces infrastructure limitations for physical application, making simulators and packet tracing essential tools. However, popular software in the area often lacks detailed descriptions of the model's layers integrated into the application itself, which hinders unmonitored study. **Objective:** This work aims to present SimulOSI, a Web application under development that combines network topology simulation via packet tracing with the availability of descriptions of the activities of each OSI model layer. **Methodology or Steps:** The application was developed under Web architecture using HTML, CSS, Javascript, and ReactJs to build a graphical environment in the format of a digital game. The functional prototype was presented to Software Engineering students at the Public State University in Pará, and evaluated through a SWOT analysis filled out by the students to collect perceptions about potentials and problems. **Expected Results:** It is expected to validate SimulOSI as an effective auxiliary tool, allowing students to visualize and test network concepts in a playful and visual way, favoring practical and independent teaching.

Keywords: Computer Networks, OSI Model, Educational Simulation, Packet Tracing, Computing Education.

Resumo. O ensino de redes de computadores baseadas no modelo OSI frequentemente esbarra em limitações de infraestrutura para aplicação física, tornando simuladores e o rastreamento de pacotes (packet tracing) ferramentas essenciais. Contudo, softwares populares na área muitas vezes carecem de descrições detalhadas das camadas do modelo integradas à própria aplicação, o que dificulta o estudo não monitorado. **Objetivo:** Este trabalho visa apresentar o SimulOSI, uma aplicação Web em desenvolvimento que une a simulação de topologias de redes via packet tracing à disponibilidade de descrições das atividades de cada camada do modelo OSI, uma ferramenta pensada para apoio em gamificações no ensino e aprendizagem de Fundamentos de Redes de Computadores. **Metodologia ou Etapas:** A aplicação foi desenvolvida sob arquitetura Web utilizando HTML, CSS, Javascript e ReactJs para construir um

*ambiente gráfico em formato de jogo digital. O protótipo funcional foi apresentado a alunos de Engenharia de Software em uma Universidade Pública no Estado do Pará, e avaliado por meio de análises SWOT preenchidas pelos estudantes para coletar percepções sobre potenciais e problemas. **Resultados Esperados:** Espera-se validar o SimulOSI como uma ferramenta auxiliar efetiva, permitindo que os alunos visualizem e testem conceitos de redes de forma lúdica e visual, favorecendo o ensino prático e independente.*

Palavras-Chave: *Redes de Computadores, Modelo OSI, Simulação Educacional, Apoio a Gamificação, Packet Tracing, Ensino de Computação.*

1. Introdução

O ensino de matérias ligadas à redes de computadores baseadas em modelo OSI (Open Systems Interconnection) em múltiplos cursos de graduação tem um debate imprescindível que é a necessidade de adoção de recursos práticos que reforcem o aprendizado teórico, contando com as limitações que costumeiramente impedem a aplicação física de redes em ambientes acadêmicos, utilizam-se métodos de simulação de rastreamento de pacotes (packet tracing) para compreensão do conhecimento repassado. A simulação acaba como uma maneira de permitir o ensino em múltiplos ambientes, além dos testes e análises sem afetar uma rede real [Borges, Cardoso e Bussador 2023].

O packet tracing é uma técnica de acompanhamento da transferência de pacotes em simulações de topologias de rede [Marti, Pooch e Hamilton 1996]. Fato já explorados em software que são largamente utilizados para o ensino e modelagem de redes de computadores, daí destacam-se GSN3, NS-3 e o Cisco Packet Tracer, entretanto, a falta de descrições das camadas do modelo OSI dentro da própria aplicação dificultam consultas não monitoradas pelo aluno.

Nesse sentido, foi desenvolvido o SimulOSI, uma aplicação WEB que une a simulação de topologias de redes utilizando packet tracing e a disponibilidade de descrições de atividade de cada camada, podendo ser utilizado por alunos de forma monitorada ou de maneira independente sem carecer de acesso à conteúdos fora da plataforma para dúvidas simples, facilitando o processo de gamificação do aprendizado em aula.

A aplicação está em processo de desenvolvimento, o estágio apresentado no presente trabalho confere à prototipação funcional apresentada em sala de aula para alunos do curso de bacharelado em engenharia de software em uma universidade pública estadual no nordeste do Estado do Pará. Tendo sido desenvolvido sob arquitetura WEB, contando com HTML, CSS e Javascript, com a utilização da ferramenta ReactJs para manipulação precisa da linguagem Javascript.

Acerca da apresentação em sala de aula, os alunos e o professor, que estavam envolvidos na matéria de fundamentos em redes de computadores, foram convidados à preencherem uma análise SWOT (Strengths, Weaknesses, Opportunities e Threats) sobre o software apresentado. A escolha deste método de análise garantiu opiniões descritas em texto acerca dos potenciais e problemas da proposta, conforme o público-alvo da ferramenta, que são estudantes da disciplina Fundamentos de Redes de Computadores.

Desta forma, esse trabalho visa apresentar a aplicação disponível, assim como os resultados de análises coletadas.

2. Fundamentação Teórica

A Gamificação teve sua origem na área de marketing, a combinação de jogos e fatores

humanos poderiam resultar no envolvimento dos consumidores ao produto central da gamificação [Alcantara and Oliveira 2018]. Fardo (2013), compreende que a gamificação no ambiente de ensino tem a potencialidade de proporcionar um sistema em que os estudantes consigam visualizar o efeito de suas ações e aprendizagens, medida que os objetivos menores da gamificação são compreendidos pelo aluno como parte de um todo. Além da capacidade de introdução de novas experiências de aprendizado que potencializam a interação entre discentes.

Matos Mascarenhas e Da Rocha (2022) destacam o uso de simuladores de redes no ensino de redes de computadores como uma solução para as limitações impostas nos orçamentos que instituições de ensino têm de adquirir equipamentos e no ensino à distância das matérias envolvidas com redes de computadores. Em paralelo, a limitação de equipamentos adquiridos pelas instituições ou pelo aluno dificulta a montagem de redes nos moldes atuais exigidos no mercado, como é o caso do modelo OSI, um padrão de referência criado em 1984, com o objetivo de facilitar a comunicação entre sistemas diferentes sem a necessidade de mudanças na lógica do hardware e software de cada máquina envolvida na comunicação [Borges, Cardoso e Bussador 2023].

3. Trabalhos Relacionados

A literatura recente apresenta diversas ferramentas de software desenvolvidas para apoiar o ensino e a avaliação em cursos de Tecnologia da Informação. Grande parte dessas soluções foca na aplicação de questionários (*quizzes*) e na gamificação para engajar os alunos e fixar o conteúdo.

- **Gamificação no Ensino de Redes:** Uma proposta de gamificação direcionada especificamente para auxiliar os alunos no processo de aprendizagem dos conceitos da disciplina de redes de computadores foi apresentada com o uso de dinâmicas híbridas de tabuleiro e *quiz* [Silva, Junior e Alcantara 2021]. A abordagem utiliza elementos de jogos, como a recompensa por moedas dependendo da dificuldade da questão, para estimular o aprendizado.
- **Quizz-Party:** O jogo digital Quizz-Party foi desenvolvido para estimular o aprendizado de alunos de graduação em TI através de um tabuleiro virtual com perguntas sobre Redes de Computadores [Lisboa et al. 2023]. O sistema visa criar uma maneira descontraída de participação nas aulas, focando na avaliação contínua do conhecimento adquirido.
- **SAW (Sistema de Avaliação Web):** Outra ferramenta de destaque é o SAW, focado em auxiliar professores no ensino de disciplinas complexas, como Sistemas Operacionais, através da aplicação de simulados e avaliações [Alcantara et al. 2018]. O sistema corrige automaticamente as submissões e disponibiliza os resultados, atuando como um forte instrumento de apoio institucional.
- **Quiz Ensina:** Voltado para a educação básica, o aplicativo Quiz Ensina atua como ferramenta de fixação de conteúdo através de plataformas web e mobile, permitindo que professores cadastrem questões e alunos as respondam dinamicamente acompanhando um *ranking* [Cardoso et al. 2018].

4. O simulador SimulOsi

A partir dos conceitos apresentados na fundamentação teórica e da análise dos trabalhos correlatos, identificou-se a viabilidade do desenvolvimento de uma aplicação prática. Como resultado desta pesquisa, foi construído um simulador digital de redes de computadores, com o intuito de auxiliar no ensino e aprendizagem do conteúdo do modelo de referência OSI, na disciplina de Fundamentos de Redes de Computadores.

A mecânica principal da aplicação consiste em criar um ambiente gráfico livre para o usuário testar diferentes tipos de topologias e configurações de redes, além de apresentar a descrição das etapas executadas em cada camada do modelo OSI, bem como as ações realizadas durante cada envio de pacote. O que, para o presente trabalho, representa um aprimoramento da abordagem de ensino e aprendizagem dos conteúdos da disciplina, visto que possibilita ao usuário visualizar e testar os conceitos de forma mais visual e lúdica. A Figura 1 apresenta a Interface Inicial do Simulador.



Figura 1. Interface inicial

4.1. Modo Simulador

Este modo tem como objetivo apresentar as 7 camadas do modelo OSI, além de explicar como a ferramenta de simulação de rede de computadores funciona. O Simulador é composto por quatro campos principais, a saber: Área Canvas; Dispositivos; Configurações; e, Painel de Conhecimentos.

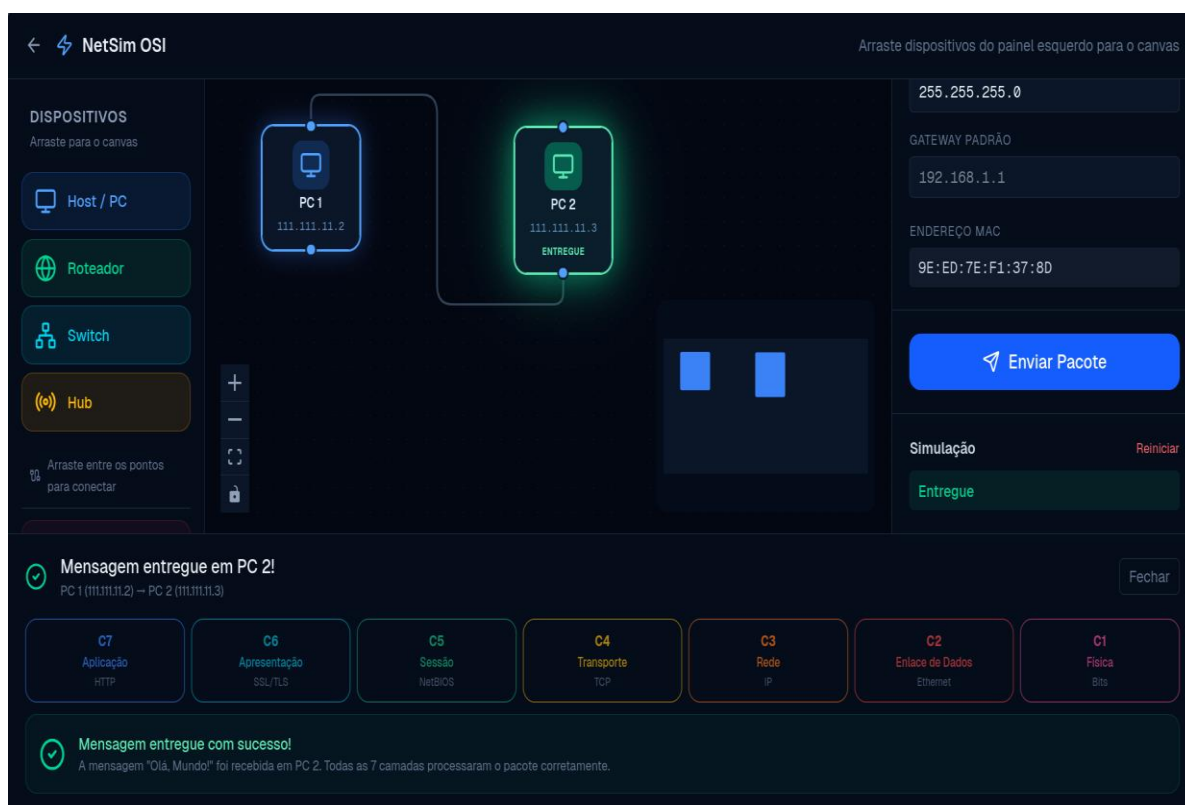


Figura 2. Interface de simulação enviando pacotes

4.1.1 Área Canvas

O ambiente Canvas, localizado ao meio da tela, é onde o usuário pode testar, com total liberdade, suas topologias de redes. Nesta interface, o usufrutuário pode adicionar quaisquer dispositivos, localizados à esquerda, além de criar conexões entre eles de forma totalmente livre.

4.1.2 Dispositivos

Essa área apresenta quatro elementos que podem ser usados para simular uma rede básica de computadores e as interações e conexões entre eles. Os elementos são:

- **Host/PC:** Esses são os dispositivos finais do simulador de redes de computadores. Eles podem representar tanto um computador quanto qualquer outro dispositivo, seja ele smartphone, tablet, etc.
- **Roteador:** Esses são os dispositivos, no simulador, responsáveis pela conexão entre múltiplas redes de computadores, assim como na realidade. Eles atuam gerenciando o tráfego de pacotes de forma inteligente, analisando para onde o dado deve ir e qual a melhor rota para chegar ao destino.
- **Switch:** Esses são dispositivos de redes centrais que conectam diversos hosts/Computadores na mesma rede local (LAN). Eles são responsáveis por enviar o pacote para a máquina específica localizada dentro da rede de computadores, evitando, assim, o tráfego de dados desnecessários.
- **Hub:** Esses são dispositivos de hardware básicos que conectam diversos hosts/Computadores na mesma rede local (LAN). Porém, tem limitações comparadas a um Switch, ele não consegue enviar o pacote para a máquina específica, apenas repete os dados e encaminha para todos os dispositivos da rede.

4.1.3 Configurações

Esta aba apresenta as configurações possíveis do dispositivo destacado pelo usuário. É nesta sessão que ocorrem, de forma livre, tanto os testes de configurações de redes de computadores, quanto o envio de pacotes entre eles. Dentre as definições dos aparelhos, estão as:

- **Endereço IP:** Esses são os identificadores lógicos únicos atribuídos a cada dispositivo dentro do simulador de redes de computadores. Assim como na realidade, eles funcionam como um "endereço postal" na rede, garantindo que os pacotes de dados saibam exatamente sua origem e qual o destino correto ao trafegarem pelas conexões.
- **Máscara da Sub-rede:** Esse é o parâmetro lógico utilizado no simulador de redes de computadores para determinar a qual rede específica um dispositivo pertence. Assim como na realidade, ela atua dividindo o endereço IP em duas partes (a rede e o host), permitindo que os dispositivos identifiquem rapidamente se o destino de um pacote de dados está na mesma rede local ou se precisa ser encaminhado para um roteador.
- **Gateway padrão:** Esse é o ponto de acesso ou rota de saída configurado nos dispositivos do simulador de redes de computadores. Assim como na realidade, ele atua como a "porta" de comunicação com o mundo externo, recebendo os pacotes de dados que os hosts precisam enviar para destinos fora de sua própria rede local (LAN) e repassando-os para o roteador responsável por encontrar o caminho correto.
- **Endereço MAC:** Esses são os identificadores físicos únicos atribuídos às interfaces de rede de cada dispositivo no simulador de redes de computadores. Assim como na realidade, eles funcionam como uma "impressão digital" do hardware, sendo essenciais para a comunicação em baixo nível e garantindo que os dados cheguem à máquina física exata dentro da mesma rede local (LAN). Este atributo é gerado automaticamente e não é possível alterar.

Após conectar ao menos 2 host's, nesta mesma aba aparece o botão "Enviar Pacote". Com esta ação, surgem mais algumas opções, as quais estão relacionadas a ação de enviar dados entre os host's conectados. São elas:

- **Destino:** Neste campo será listado todos os endereços IP's em que a máquina está conectada. O usuário deverá escolher o host ao qual quer enviar o pacote.
- **Mensagem:** Neste local o usuário deve digitar a mensagem que quer passar no pacote. A mensagem predefinida é "Hello world", porém ela pode ser alterada para qualquer outra.
- **Modo da Simulação:** Este campo define como o sistema representará o envio do pacote, aqui pode escolher entre "Manual" e "Automático". A primeira opção mostrará todas as camadas do modelo OSI durante o envio do pacote, sendo necessário a confirmação do usuário para avançar para a próxima camada. Já a segunda opção, realizará a mesma ação de forma mais rápida, mostrando cada parte por cerca de 1 segundo e avançando para a próxima camada sem esperar pela confirmação do usuário.

Depois das definições dos 3 campos superiores, ficará disponível para enviar o pacote através de um botão. Durante o envio, o próximo painel surge na parte inferior da interface.

4.1.4 Painel de Conhecimentos

Este painel surge apenas no momento do envio do pacote. Nele contém as 7 camadas do modelo OSI, e, em cada uma, uma explicação detalhada sobre ela, os protocolos de rede

mais comuns, além de mostrar um *layer* com os dados do pacote sendo transformado a cada camada. É neste instante que o usuário poderá aprofundar seus conhecimentos referentes ao modelo de redes de computadores.

5. Análise SWOT

A proposta foi apresentada em uma turma de graduação em Engenharia de Software, de uma universidade pública estadual do nordeste do estado do Pará, composta por um total de 16 estudantes do 6º semestre, dentre os quais 4 deles participaram da elaboração do trabalho. Por fim, a proposta foi avaliada por 12 alunos, que não participaram da elaboração da proposta, que utilizaram a ferramenta de Análise SWOT.

Foram avaliadas quatro dimensões: Dinâmica, que está relacionada a metodologia usada para gerar engajamento da turma com a proposta; Materiais e Regras, relacionados aos elementos utilizados e abordados na proposta bem como as regras de funcionamento adotadas para cada etapa abordada pela ferramenta; Abordagem das Camadas e Protocolos, relacionado a forma como os conteúdos do modelo OSI são apresentados para os participantes por meio da ferramenta; e, Funcionamento, que está relacionado à performance, estabilidade e usabilidade da ferramenta. Após análise dos dados coletados, os resultados foram condensados e classificados por dimensões.

A primeira dimensão avaliada foi a “Dinâmica”. Como pontos fortes foram destacados: Facilidade de operações; Interface fluida, intuitiva e interessante; abordagem fluida e criativa; muito útil ao aprendizado; dinâmica e interativa; simples e de fácil aprendizado e usabilidade; facilidade de visualização dos processos e dos conteúdos.

Como Pontos fracos foram citados: a necessidade de conhecimento prévio para uso; falta de explicação de termos usados na dinâmica; falta de visualização das camadas; e, não possui desafio claro, o que diminui a capacidade de ensinar.

Como Oportunidades, foram destacados: Adicionar mais dispositivos/aparelhos; expandir para multi-salas; migrar para outras tecnologias/frameworks; criar cenários para o usuário resolver; e, adicionar cards de explicação de conceitos.

E referente as Ameaças, foram apontados: a possibilidade de Falta de internet ou possíveis falhas de rede; e, a possibilidade do projeto se tornar obsoleto ou indisponível com o avanço da tecnologia.

A segunda dimensão avaliada foi “Materiais e Regras”. Como pontos fortes foram destacados: ferramenta gratuita; acessível para todos que tenham PC e internet; utiliza tecnologias bem estabelecidas; prático e dinâmico; usa boas fontes sobre redes ajudando no aprendizado; e, aplicação de conhecimento gradual.

Como Pontos fracos foram citados: regras não muito claras, o que pode gerar confusão ao primeiro contato; e, ausência de interatividade com o usuário.

Como Oportunidades, foram destacados: criar um manual para utilizar a interface; tutorial inicial de como usar; transformar em aplicativo local para evitar possíveis custos; e, expandir os dispositivos e criar mais exemplos visuais.

E referente as Ameaças, foram apontados: possíveis alternativas consolidadas no mercado (Cisco Packet Tracer), que funciona sem conexão; possível queda de energia; e, a falta de familiaridade pode afastar pessoas.

A terceira dimensão avaliada foi “Abordagem das Camadas e Protocolos”. Como pontos fortes foram destacados: eficácia visual, com as camadas do modelo OSI sendo representadas visualmente, facilitando o entendimento das camadas de forma intuitiva, por meio de teóricas mais visuais; conteúdo, abordando muito bem todas as camadas e principalmente os protocolos, além de focalizar em camadas que conversam entre si; e,

didática, apresentando um detalhamento maior dos protocolos e camadas.

Como Pontos fracos foram citados: visualização estrutural, faltou separar as camadas de forma interativa; e, complexidade, por conta de muita informação na tela que pode dificultar para quem não possui conhecimento básico de TI.

Como Oportunidades, foram destacados: melhoria na exposição, adicionando mais indicações textuais, além de usar imagens animadas.

E referente as Ameaças, foram apontados: conhecimento do aluno, uma vez que o usuário pode não saber nada de redes, e o resumo em pequenas frases pode ser negativo para alguns alunos; e, ferramentas existentes, haja vista que existem sistemas semelhantes com mais recursos.

A quarta dimensão avaliada foi “Funcionamento”. Como pontos fortes foram destacados: performance, com funcionamento otimizado, com boa performance e funcional em qualquer computador; usabilidade técnica, com site intuitivo e interface amigável, além de ser intuitivo para manipular objetos no canvas; e, bem estruturado, cuja organização mantém uma linha de entendimento pelo usuário.

Como Pontos fracos foram citados: a limitação de plataforma, com modelo funcional apenas para computador, sem versão mobile.

Como Oportunidades, foram destacados: adicionar recursos avançados, tais como criar um banco de dados para guardar o progresso, e adicionar uma operação contínua visualizando os dados percorrendo os caminhos; e, Deixar mais intuitivo para educadores e futuras aplicações em escolas.

E referente as Ameaças, foram apontados: Possíveis quedas de rede que pode comprometer o funcionamento da ferramenta, e possíveis atualizações de bibliotecas.

6. Considerações finais

O desenvolvimento do SimulOsi evidencia o potencial de ferramentas baseadas em simulação para apoiar Gamificações no ensino e aprendizagem dos conteúdos referentes ao modelo OSI na disciplina de Fundamentos de Redes de Computadores, especialmente em contextos onde há limitações de infraestrutura física.

Ao permitir que os estudantes construam topologias, configurem dispositivos e acompanhem o envio de pacotes em diferentes camadas, a aplicação promove uma aproximação prática de conceitos tradicionalmente abstratos.

Além disso, a incorporação de elementos interativos e visuais contribui para tornar o processo de aprendizagem mais envolvente, favorecendo a participação ativa dos alunos e a construção do conhecimento de forma mais significativa, conforme apontado por estudos que destacam os benefícios de abordagens interativas no contexto educacional [ZAINUDDIN et al. 2020].

Apesar dos resultados iniciais positivos observados na aplicação do protótipo, a consolidação do SimulOsi como ferramenta de apoio educacional eficaz em ambientes gamificados depende de avanços adicionais, tanto em termos técnicos quanto pedagógicos. A literatura destaca que, embora estratégias baseadas em gamificação e simulação aumentem o engajamento dos estudantes, sua efetividade está diretamente relacionada à forma como são integradas ao processo de ensino-aprendizagem [ZAINUDDIN et al. 2020].

Nesse sentido, trabalhos futuros devem contemplar a ampliação das funcionalidades do simulador, o refinamento da experiência do usuário e a realização de avaliações quantitativas que permitam mensurar seu impacto no desempenho acadêmico. Com esses aprimoramentos, o SimulOsi tem potencial para se consolidar como uma ferramenta de apoio

a gamificação relevante no ensino de Redes de Computadores, promovendo uma aprendizagem mais prática, visual e acessível.

7. Referências

- Alcantara, A. S. and Oliveira, S. R. B. (2018). “Uma Abordagem Gamificada para Apoio ao Ensino e Aprendizagem da Gestão do Conhecimento”, In: SBC – Proceedings of SBGames, Foz do Iguaçu, Brazil.
- Alcantara, A. S.; Oliveira, S. R. B.; Viégas Junior, R.; Cardoso, W. R.; Rodrigues, L. O. A. P. (2018). “SAW: Um Sistema de Geração de Simulados e Avaliações para Auxílio no Ensino e Aprendizado”. In: SÁNCHEZ, J. (Ed.). Nuevas Ideas en Informática Educativa, v. 14, p. 607-613. Santiago de Chile.
- Borges, J., Cardoso, L. and Bussador, A. (2023). “Redes de Computadores e Simulação: Um Estudo Comparativo Entre Softwares”. In Anais do XX Congresso Latino-Americano de Software Livre e Tecnologias Abertas, (pp. 198-201). Porto Alegre: SBC. doi:10.5753/latinoware.2023.236552
- CARDOSO, W. R.; MONTEIRO, R. S.; SILVA, A. M. M.; SILVA, J. M. P.; ALCANTARA, A. S.; OLIVEIRA, S. R. B.; VIÉGAS JUNIOR, R.; RODRIGUES, L. O. A. P. (2018). “Quiz Ensina: Uma Ferramenta de Apoio ao Ensino da Educação Básica (Ensino Fundamental II)”. In: Anais do XVII Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital (SBGames). Foz do Iguaçu, PR, Brasil.
- Davis, N., Ransbottom, S., & Hamilton, D. (1998). “Teaching computer networks through modeling”. In ACM Sigada Ada Letters, 104-110.
- Fardo, M. L. (2013). “A Gamificação Aplicada em Ambientes de Aprendizagem”. In Renote, 11(1). <https://doi.org/10.22456/1679-1916.41629>
- Lisboa, R., Silva, G., Viégas Junior, R., Alcantara, A., & Silva, M. (2022). “Quizz-Party: Um game para Avaliação Contínua na Graduação em Cursos de Tecnologia da Informação”. In Anais Estendidos do XXI Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital, (pp. 1131-1135). Porto Alegre: SBC. doi:10.5753/sbgames_estendido.2022.226104
- Marti, Willis F., Pooch, Udo W. e Hamilton Jr., John A. (1996). “PACKET tracing: a new paradigm for teaching computer network courses”, In: ACM SIGCSE/SIGCUE Conference on Integrating Technology into Computer Science Education, Barcelona, Spain.
- Matos Mascarenhas, D. and Da Rocha, Henriques F. (2022). O uso de simuladores no ensino de redes de computadores. In Revista Guará, 1(13), 90-100. <https://doi.org/10.30712/guara.v1i13.21175>
- Silva, G. A. P.; Viégas Junior, R.; Alcantara, A. S. (2021). “Uma Proposta de Gamificação para Avaliação Contínua na Graduação em Cursos de Tecnologia da Informação (TI)”. In: Anais do XX Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital (SBGames). Gramado, RS, Brasil.
- Zainuddin, Z.; Chu, S. K. W.; Shujahat, M.; Perera, C. J. (2020). “The impact of gamification on learning and instruction: A systematic review of empirical evidence”. Educational Research Review, v. 30. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2020.100326>