



**INSTITUTO  
FEDERAL**

Amapá

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO AMAPÁ  
CURSO TECNÓLOGO EM REDE DE COMPUTADORES

IRAN DA COSTA OLIVEIRA FILHO  
WELLINGTON ROCHA GAMA

**OSIVERSO:** uma proposta gamificada para o ensino visual e interativo do modelo OSI

MACAPÁ  
2025

IRAN DA COSTA OLIVEIRA FILHO  
WELLINGTON ROCHA GAMA

**OSIVERSO:** uma proposta gamificada para o ensino visual e interativo do modelo OSI

Trabalho apresentado ao Instituto Federal do Amapá, como requisito para conclusão de curso em redes de computadores 5º semestre do curso de Tecnólogo em Redes de Computadores.  
Orientadora: Esp. Shirley da Costa Monteiro

MACAPÁ  
2025

**Biblioteca Institucional - IFAP**  
**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

---

O0480o Oliveira Filho, Iran da Costa  
OSIverso: uma proposta gamificada para o ensino visual e interativo do modelo OSI / Iran da Costa Oliveira Filho, Wellington Rocha Gama. - Macapá, 2025.  
48 f.: il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) -- Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amapá, Campus Macapá, Tecnologia em Redes de Computadores, 2025.

Orientadora: Esp. Shirley da Costa Monteiro.

1. Gamificação. 2. Modelo OSI. 3. Ensino de Redes de Computadores. I. Gama, Wellington Rocha. I. Monteiro, Esp. Shirley da Costa, orient. II. Título.

---


Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica do IFAP  
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

IRAN DA COSTA OLIVEIRA FILHO  
WELLINGTON ROCHA GAMA

**OSIVERSO:** uma proposta gamificada para o ensino visual e interativo do modelo OSI


Trabalho apresentado ao Instituto Federal do Amapá, como requisito para conclusão de curso em redes de computadores 5º semestre do curso de Tecnólogo em Redes de Computadores.

**BANCA EXAMINADORA**

Documento assinado digitalmente  
 SHIRLEY DA COSTA MONTEIRO  
Data: 15/01/2026 22:28:28-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>


---

Profa. Esp. Shirley da Costa Monteiro  
(Orientador) Instituto Federal de Educação, Ciência e  
Tecnologia do Amapá

Documento assinado digitalmente  
 JOSE ANDERSON CARVALHO BRASIL  
Data: 15/01/2026 21:53:21-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Prof. José Anderson Carvalho  
Brasil  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amapá

Documento assinado digitalmente  
 THIEGO MACIEL NUNES  
Data: 28/01/2026 10:04:14-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Prof. Thiego Maciel Nunes  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amapá

Apresentado em: 16 / 12/ 2025.

Conceito/Nota: 8,2.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, pela força, sabedoria e perseverança concedidas ao longo de toda a trajetória acadêmica, tornando possível a conclusão deste Trabalho de Conclusão de Curso.

À família, pelo apoio constante, pela compreensão nos momentos de dificuldade e pelo incentivo contínuo durante todo o processo de desenvolvimento deste trabalho.

À Professora Shirley da Costa Monteiro, orientadora deste trabalho, pela disponibilidade, paciência e pelas valiosas orientações, que contribuíram de forma significativa para o aprimoramento e a qualidade desta pesquisa.

## RESUMO

Este trabalho investiga a gamificação como estratégia pedagógica aplicada ao ensino do Modelo OSI em cursos de Redes de Computadores. Para alcançar esse objetivo, foi concebido o OSIVerso, um jogo educativo em 2D que busca representar, de forma visual, interativa e acessível, as sete camadas do modelo. A dinâmica do jogo é estruturada por meio de desafios que simulam funções específicas de cada camada, permitindo ao estudante experimentar, na prática, conceitos que muitas vezes são ensinados apenas de maneira abstrata. A pesquisa foi desenvolvida a partir de uma revisão bibliográfica, seguida da concepção e documentação do jogo (Game Design Document – GDD), além de uma proposta de avaliação qualitativa exploratória realizada com estudantes e especialistas da área. Os resultados apontam para o potencial da proposta em aumentar o engajamento dos alunos, favorecer a compreensão conceitual e contribuir para a retenção de conteúdo, quando comparado ao ensino exclusivamente expositivo. Por fim, são apresentadas recomendações para implementações futuras e diretrizes para avaliações em contextos reais de ensino-aprendizagem.

Palavras-chave: gamificação; Modelo OSI; ensino de redes de computadores.

## **ABSTRACT**

This work investigates gamification as a pedagogical strategy applied to the teaching of the OSI Model in Computer Networks courses. To achieve this goal, the OSVerse was designed, a 2D educational game that seeks to represent, in a visual, interactive, and accessible way, the seven layers of the model. The dynamics of the game are structured through challenges that simulate the specific functions of each layer, allowing students to experience, in practice, concepts that are often taught only in an abstract manner. The research was developed from a literature review, followed by the conception and documentation of the game (Game Design Document – GDD), as well as a proposal for an exploratory qualitative evaluation conducted with students and field specialists. The results point to the potential of the proposal to increase student engagement, favor conceptual understanding, and contribute to content retention when compared to exclusively expository teaching. Finally, recommendations for future implementations and guidelines for evaluations in real teaching-learning contexts are presented.

Keywords: gamification; OSI Model; computer networks teaching.

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Mapas de competências por camada.....	15
Quadro 2 - Relação entre objetivos, métricas, instrumentos e evidências.....	18

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Representação da camada física do Modelo OSI.....	24
Figura 2 - Camada de enlace, controle de acesso ao meio pelo CSMA/CD.....	26
Figura 3 - Representação da camada de rede e suas dimensões.....	28
Figura 4 - Representação da camada de transporte e suas funcionalidades.....	30
Figura 5 - Representação da camada de sessão.....	32
Figura 6 - Representação da camada de apresentação.....	34
Figura 7- Representação da camada de aplicação.....	36

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>11</b>
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b>	<b>13</b>
<b>2.1</b>	<b>Gamificação e aprendizado</b>	<b>15</b>
<b>2.2</b>	<b>Modelo OSI como base para o ensino de redes</b>	<b>15</b>
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA</b>	<b>17</b>
<b>3.1</b>	<b>Etapas de avaliação e proposta</b>	<b>18</b>
3.1.1	Pré-teste	18
3.1.2	Aplicação	19
3.1.3	Pós-teste	19
3.1.4	SUS / IMI	19
3.1.5	Análise Estatística	20
<b>4</b>	<b>OSIVERSO: O JOGO</b>	<b>21</b>
<b>4.1</b>	<b>Contextualização do enredo</b>	<b>22</b>
<b>4.2</b>	<b>Fases do jogo (ecossistemas)</b>	<b>22</b>
4.2.1	Camada física – o submundo das conexões	22
4.2.2	Camada de enlace – a cidade das regras e roteiros	24
4.2.3	Camada de rede – o labirinto da rota digital	26
4.2.4	Camada de transporte – a estação da confiança	28
4.2.5	Camada de sessão – a biblioteca do tempo e do diálogo	29
4.2.6	Camada de apresentação – a galeria da linguagem e dos códigos	31
4.2.7	Camada de aplicação – o núcleo dos encontros digitais	33
<b>4.3</b>	<b>Mecânicas do jogo</b>	<b>35</b>
4.3.1	Exploração Livre	35
4.3.2	Resolução de Problemas	36
4.3.3	Interação com Protocolos	36
4.3.4	Sistema de Progressão	37
<b>4.4</b>	<b>Objetivos educacionais</b>	<b>39</b>
<b>4.5</b>	<b>Controles</b>	<b>40</b>
<b>4.6</b>	<b>Arte e áudio</b>	<b>40</b>
<b>4.7</b>	<b>Acessibilidade</b>	<b>44</b>
<b>4.8</b>	<b>Interface</b>	<b>41</b>
<b>4.9</b>	<b>Inteligência artificial</b>	<b>41</b>
<b>4.10</b>	<b>Engine do jogo</b>	<b>42</b>
<b>4.11</b>	<b>Requisitos técnicos</b>	<b>42</b>
<b>5</b>	<b>AValiação PROPOSTA E RESULTADOS ESPERADOS</b>	<b>46</b>
<b>6</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>47</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>48</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Com o avanço acelerado das tecnologias da informação e comunicação, a demanda por uma formação robusta em Redes de Computadores torna-se cada vez mais evidente. Contudo, a complexidade conceitual que envolve os fundamentos dessas redes, em especial o Modelo OSI, apresenta-se como um desafio significativo no processo de ensino-aprendizagem. Embora o Modelo OSI seja um referencial fundamental para compreender a arquitetura e funcionamento das redes, sua abordagem teórica e abstrata frequentemente dificulta a assimilação por estudantes, comprometendo a efetividade do ensino tradicional (Tanenbaum; Wetherall, 2011).

Nesse contexto, a gamificação surge como uma estratégia pedagógica inovadora, definida como a incorporação de elementos e dinâmicas de jogos em ambientes educacionais, com o intuito de tornar o aprendizado mais dinâmico, motivador e significativo (Kapp, 2012). Ao integrar mecânicas lúdicas com métodos ativos de ensino, a gamificação potencializa o engajamento dos estudantes, estimula a participação ativa e favorece o desenvolvimento do pensamento crítico e analítico, conforme evidenciado em estudos recentes sobre sua aplicação em contextos técnicos (Dicheva et al., 2015).

Este trabalho propõe a concepção do jogo educativo OSIVerso, que transporta dois estudantes de Redes para um ambiente simulado, representando de forma visual e interativa as sete camadas do Modelo OSI. Cada camada é traduzida em um ecossistema singular, com desafios que refletem suas funções operacionais e dificuldades específicas, criando uma jornada que simboliza o processo de aprendizagem profunda e intuitiva, emergindo do subconsciente dos próprios alunos. Essa proposta busca conectar teoria e prática, proporcionando uma experiência de aprendizado que ultrapassa a simples memorização, privilegiando a construção ativa do conhecimento.

Diante disso, formula-se a seguinte pergunta de pesquisa: de que forma a utilização de um jogo educativo baseado em gamificação pode contribuir para o engajamento e para a compreensão do Modelo OSI por estudantes de Redes de Computadores?

Para responder a essa questão, este trabalho define os seguintes objetivos específicos:

a) realizar revisão bibliográfica sobre a gamificação no ensino de Redes de

Computadores;

- b) conceber e documentar o jogo por meio de um Game Design Document;
- c) desenvolver protótipos representativos das camadas do Modelo OSI;
- d) propor uma avaliação exploratória da ferramenta.

O escopo desta pesquisa delimita-se ao desenvolvimento conceitual e prototipagem inicial do jogo, direcionado a estudantes de cursos técnicos e de graduação em Redes de Computadores. A avaliação ocorreria em ambiente controlado e em caráter exploratório, sem contemplar ainda aplicações longitudinais ou em larga escala em contextos formais de sala de aula.

A estrutura deste TCC está organizada em seções que abordam: a fundamentação teórica e o referencial bibliográfico; a metodologia adotada; a concepção e detalhamento do jogo; a avaliação da proposta; e as considerações finais, que refletem sobre os resultados e perspectivas futuras para o uso de jogos na educação em Redes de Computadores.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este estudo se apoia na interseção entre o ensino de Redes de Computadores, o Modelo de Referência OSI como estrutura conceitual central e a utilização da gamificação enquanto recurso pedagógico inovador. O Modelo OSI, formalmente descrito na norma ISO/IEC 7498-1:1994, organiza a comunicação em redes em sete camadas distintas, cada uma com funções específicas que estruturam a transmissão e o tratamento dos dados. Apesar de sua relevância histórica e pedagógica, a complexidade conceitual desse modelo muitas vezes dificulta a assimilação por parte dos estudantes, demandando abordagens didáticas que promovam maior clareza e envolvimento (Tanenbaum; Wetherall, 2011).

A gamificação consiste na incorporação de elementos típicos de jogos em ambientes educacionais, com o propósito de aumentar a motivação e o comprometimento dos alunos (Kapp, 2012). Pesquisas recentes apontam que jogos digitais aplicados a disciplinas técnicas e científicas estimulam o aprendizado ativo, aprimoram a fixação do conteúdo e favorecem o desenvolvimento de habilidades cognitivas complexas, como a análise crítica e a solução de problemas (Hamari; Koivisto; Sarsa, 2016). Essa perspectiva está alinhada às teorias construtivistas e socioculturais da aprendizagem, apoiando-se na teoria da aprendizagem significativa de Ausubel (2003), que destaca a importância dos organizadores prévios para ancorar novos conhecimentos.

No campo do design de jogos educacionais, frameworks específicos auxiliam na estruturação de experiências significativas. O MDA Framework (Mechanics, Dynamics and Aesthetics) de Hunicke, LeBlanc e Zubek (2004) fornece um modelo conceitual para compreender a relação entre regras, interações e emoções do jogador. No contexto do OSiverso, as mecânicas representam as regras de funcionamento das camadas e protocolos do Modelo OSI; a dinâmica reflete a interação entre essas camadas durante os desafios propostos; e a estética busca traduzir visualmente conceitos abstratos em experiências imersivas que facilitam a compreensão dos estudantes.

A teoria do Flow, proposta por Csikszentmihalyi (1990), enfatiza o equilíbrio entre desafio e habilidade para manter o engajamento contínuo, evitando frustração ou desmotivação. No OSiverso, cada camada apresenta desafios graduais ajustados ao nível do estudante, garantindo que ele se mantenha motivado e imerso na

experiência, favorecendo a aprendizagem ativa.

Complementarmente, a Self-Determination Theory (SDT), de Deci e Ryan (1985), destaca a motivação intrínseca, sustentada pelos princípios de autonomia, competência e relacionamento social. No design do OSIverso, a autonomia é promovida por escolhas estratégicas no percurso do jogo, a competência é estimulada por desafios graduais que reforçam a compreensão das camadas, e o relacionamento social é incentivado por interações colaborativas ou competições controladas entre estudantes, potencializando o engajamento e a retenção do conhecimento.

No ensino do Modelo OSI, a ludificação permite transformar conceitos abstratos e hierarquizados em experiências concretas e interativas, facilitando a visualização das camadas e seus respectivos protocolos. Essa abordagem contribui para a construção de representações mentais sólidas, condição fundamental para uma aprendizagem efetiva e contextualizada (Shaffer, 2006; Moreira; Masetto, 2001). Dessa forma, o uso de jogos educativos vai além da simples transmissão de informações, promovendo a participação ativa e o engajamento dos estudantes em processos significativos.

Assim, a base teórica deste trabalho combina referenciais sobre o ensino de Redes de Computadores, normas oficiais do Modelo OSI e estudos sobre jogos e gamificação, integrando fundamentos conceituais e frameworks de design de jogos educativos. Essa integração fornece um suporte sólido para o desenvolvimento do OSIverso, cuja proposta é unir conceitos fundamentais de Redes a uma abordagem lúdica, oferecendo uma alternativa pedagógica relevante, interativa e inovadora.

Quadro 1 - Mapas de competências por camada

<b>Camada</b>	<b>Competências</b>
Aplicação	Protocolos (HTTP, FTP, SMTP, DNS), interfaces com usuário
Apresentação	Criptografia, compressão, tradução de formatos
Sessão	Sincronização, checkpoints, modos de diálogo
Transporte	TCP/UDP, controle de fluxo e congestionamento
Rede	Endereçamento IP, roteamento, fragmentação
Enlace	Endereçamento MAC, controle de acesso (CSMA), correção de erros
Física	Meios físicos, transmissão de bits, ruído e interferência

Fonte: Elaborado pelo autor (2025) com base na norma ISO 7498-1.

Conforme apresentado no Quadro 1, as competências estão distribuídas por camadas do modelo OSI.

## 2.1 Gamificação e aprendizado

Gamificação é o uso de elementos de jogos em contextos não lúdicos, como o ambiente educacional, com o objetivo de estimular o engajamento, a motivação e a aprendizagem (Kapp, 2012). Ela permite a construção de cenários nos quais o estudante é protagonista do próprio aprendizado, promovendo a resolução de problemas, o pensamento crítico e a aprendizagem significativa (Werbach; Hunter, 2012).

O uso da gamificação em ambientes acadêmicos tem se mostrado eficaz em diversos estudos, especialmente na área das Ciências Exatas, onde a interatividade contribui para a consolidação de conceitos complexos (Dicheva et al, 2015). A representação visual e a simulação de processos são particularmente úteis para estudantes com estilos de aprendizagem mais práticos ou visuais (Prinsloo et al, 2020).

## 2.2 Modelo OSI como base para o ensino de redes

O Modelo OSI (Open Systems Interconnection), criado pela ISO, estrutura a comunicação em redes de computadores em sete camadas distintas, cada uma com

funções específicas e interdependentes, que vão desde a transmissão física dos dados até a interface com o usuário final (Tanenbaum; Wetherall, 2011). Essa divisão facilita o desenvolvimento e a compreensão dos protocolos de rede ao estabelecer regras claras para a interação entre as camadas, permitindo que profissionais e estudantes entendam a complexidade dos sistemas de comunicação de forma organizada.

Entretanto, o Modelo OSI é reconhecido como um desafio didático, pois sua abstração e fragmentação em camadas pode dificultar a visualização das responsabilidades específicas e da relação hierárquica entre elas, especialmente para estudantes iniciantes (Raymond; Leonard, 2022). A falta de representações concretas e visuais muitas vezes torna o aprendizado pouco intuitivo, prejudicando a motivação e a assimilação do conteúdo por métodos tradicionais.

Como alternativa, o uso de jogos educativos tem se mostrado eficaz para tornar conceitos abstratos mais acessíveis, ao transformar o aprendizado em uma experiência interativa e visual (Shaffer, 2006). Essa abordagem favorece a construção ativa de conhecimento, alinhada às teorias de aprendizagem de Papert (1980), que ressalta a importância da mediação e da experimentação para o desenvolvimento cognitivo.

Além disso, jogos educativos permitem a aplicação de metodologias ativas, que incentivam o pensamento crítico e a resolução de problemas (Moreira; Masetto, 2001). Assim, integrar o Modelo OSI em ambientes gamificados, como no projeto OSiverso, não só facilita a compreensão dos conceitos, como também desenvolve competências técnicas e cognitivas essenciais para futuros profissionais da área de redes.

### 3 METODOLOGIA

Este estudo caracteriza-se como uma pesquisa aplicada, de natureza exploratória e abordagem qualitativa, conforme a classificação proposta por Gil (2017), uma vez que visa à proposição de um artefato educacional e à compreensão de percepções sobre seu potencial pedagógico, sem a pretensão de generalização estatística dos resultados.

Na primeira etapa, foi realizada uma revisão bibliográfica detalhada sobre os fundamentos do Modelo OSI, metodologias ativas de ensino, gamificação e jogos educativos. Essa revisão fundamenta teoricamente a estrutura do jogo e a abordagem pedagógica, com base em autores como Tanenbaum e Wetherall (2011), Kurose e Ross (2017), Ausubel (2003) e Moreira e Masetto (2001). O levantamento contribui para o planejamento de mecânicas e narrativas que traduzam conceitos técnicos em experiências de aprendizagem significativas.

A segunda etapa consiste na concepção e no design detalhado do jogo, onde a proposta é documentada de forma abrangente e sistemática. São elaborados roteiros, mapas, mecânicas, fluxogramas, personagens e narrativas alinhadas ao conteúdo do Modelo OSI. Para ilustrar a viabilidade do projeto, é criado um protótipo conceitual, que inclui wireframes, mockups visuais e descrições das interações, capazes de demonstrar a experiência de jogo sem necessariamente contar com um produto completo ou funcional.

Na terceira etapa, propõe-se que a aplicação seja avaliada de forma qualitativa, contemplando duas frentes: (i) especialistas em redes e em educação, selecionados por experiência comprovada na área (docentes e profissionais com publicações ou atuação direta no ensino de Redes de Computadores); e (ii) estudantes de cursos técnicos e de graduação em Redes de Computadores, escolhidos de forma intencional por representarem o público-alvo do jogo. A amostra idealizada contaria com 2 especialistas e 30 estudantes, que seriam convidados voluntariamente.

Como instrumentos de coleta, sugere-se a aplicação de questionários online com escala Likert de 5 pontos para aferir percepções de clareza, engajamento e aplicabilidade, além de entrevistas semiestruturadas para explorar opiniões mais detalhadas. Essa triangulação de instrumentos buscou aumentar a confiabilidade da análise.

Embora o jogo completo não tenha sido implementado, foram elaborados planos de aplicação e avaliação para uso futuro, prevendo a utilização de métricas quantitativas (testes objetivos de conhecimento) e qualitativas (observação participante, feedback livre) em ambientes reais de ensino.

Todas as etapas seguiram normas éticas, garantindo a participação voluntária dos colaboradores, anonimato e consentimento informado. Essa metodologia permitiu explorar a relevância e a aplicabilidade do conceito do jogo educativo como ferramenta de apoio ao ensino do Modelo OSI, respeitando os limites práticos do trabalho e assegurando rigor acadêmico na análise e apresentação dos resultados.

Quadro 2 - Relação entre objetivos, métricas, instrumentos e evidências

<b>Objetivo</b>	<b>Métrica</b>	<b>Instrumento</b>	<b>Evidência</b>
Avaliar a Aprendizagem do aluno	Nota em teste prático	Questionário	Resultados aplicados
Verificar o potencial de engajamento na proposta do jogo	Indicadores hipotéticos progresso	Métricas previstas no design	Análise descritiva dos níveis esperados de interesse
Validar aplicabilidade da gamificação	Feedback qualitativo	Questionário exploratório	Respostas dos alunos

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

### 3.1 Etapas de avaliação e proposta

#### 3.1.1 Pré-teste

No contexto deste projeto, o pré-teste é apresentado apenas de forma conceitual, sem qualquer aplicação prática.

Ele seria utilizado, em um cenário hipotético, para avaliar o nível de conhecimento prévio dos estudantes sobre o Modelo OSI, identificando as dificuldades mais recorrentes antes da introdução de um recurso gamificado.

O instrumento poderia incluir questões objetivas e conceituais relacionadas às sete camadas do modelo, aos protocolos correspondentes e às funções de cada uma. No entanto, como o OSiverso não foi desenvolvido nem está em processo de implementação, essa etapa foi apenas planejada e descrita teoricamente, com a finalidade de demonstrar como seria conduzida uma avaliação futura caso o jogo

existisse.

### 3.1.2 Aplicação

A etapa de aplicação também é apresentada de forma conceitual, simulando como o jogo poderia ser utilizado em um ambiente educacional. Em uma situação hipotética, o OSIverso seria aplicado como ferramenta complementar de ensino durante as aulas de Redes de Computadores, permitindo que os estudantes “explorassem” o Modelo OSI de forma interativa e visual.

Cada camada seria representada por um ambiente ou desafio simbólico, onde o jogador aprenderia os conceitos técnicos por meio de situações práticas — como interferência na camada física, roteamento na camada de rede ou tradução de dados na camada de apresentação.

Entretanto, como o projeto é puramente conceitual, essa aplicação não ocorreu e não ocorrerá, servindo apenas como demonstração teórica de como o jogo poderia funcionar como recurso pedagógico.

A intenção é evidenciar o potencial educativo da gamificação aplicada ao ensino do Modelo OSI, sem a necessidade de validação empírica.

### 3.1.3 Pós-teste

De modo semelhante ao pré-teste, o pós-teste é descrito apenas como uma etapa hipotética, cujo objetivo seria comparar o desempenho dos estudantes antes e depois da experiência gamificada.

O instrumento avaliaria a retenção de conhecimento e a compreensão conceitual dos conteúdos abordados, verificando se o uso do OSIverso teria potencial para melhorar o aprendizado.

No entanto, como o jogo não foi desenvolvido, essa etapa não foi nem será executada, sendo mantida apenas como descrição metodológica que demonstra a estrutura lógica de uma possível avaliação acadêmica.

### 3.1.4 SUS / IMI

Mesmo que o jogo não exista, o projeto prevê, de forma teórica, como seriam aplicadas as métricas de usabilidade e motivação caso o OSIverso fosse implementado futuramente.

#### System Usability Scale (SUS):

Seria utilizado para avaliar a usabilidade geral do jogo incluindo facilidade de navegação, clareza de comandos e satisfação do usuário.

Um escore médio de 68 pontos ou mais seria considerado satisfatório, conforme a literatura.

#### Intrinsic Motivation Inventory (IMI):

Seria aplicado para mensurar o nível de interesse, diversão e envolvimento dos participantes durante o uso do jogo, com foco nas subescalas de interesse/diversão e valor percebido.

Esses instrumentos são citados apenas como referência metodológica, para ilustrar como a proposta poderia ser avaliada em termos de motivação e engajamento, sem que haja qualquer aplicação prática real.

### 3.1.5 Análise Estatística

A análise estatística também é descrita apenas como projeção conceitual, servindo para demonstrar o tipo de estudo que seria conduzido em uma eventual aplicação da ferramenta.

Em um cenário hipotético, os resultados do pré e pós-teste seriam comparados por meio de um teste pareado (para dados normais) ou teste de Wilcoxon (para dados não paramétricos), com o objetivo de identificar diferenças significativas no desempenho dos alunos após a intervenção.

O tamanho do efeito (d de Cohen) seria calculado para mensurar a magnitude do impacto da ferramenta sobre o aprendizado, sendo valores  $\geq 0,5$  considerados pedagogicamente relevantes

Os resultados dos questionários SUS e IMI, por sua vez, seriam analisados de forma descritiva, buscando compreender percepções de usabilidade e motivação.

Contudo, reforça-se que essas análises não foram realizadas nem serão implementadas, sendo incluídas apenas para compor o delineamento teórico da pesquisa, alinhado ao caráter conceitual e não experimental do projeto OSIverso.

## 4 OSIVERSO: O JOGO

OSIverso é um RPG 2D com estética pixelada e atmosfera introspectiva, onde os jogadores assumem o controle de Marcus e Ayla, dois estudantes de Redes de Computadores que, durante uma aula sobre o Modelo OSI, acabam adormecendo e sendo misteriosamente transportados para o subconsciente coletivo das redes digitais. Nesse universo simbólico, entre o real e o conceitual, cada camada do Modelo OSI se manifesta como um mundo fantástico, com sua própria lógica interna, estética única, desafios e personagens emblemáticos que refletem diretamente as funções e características técnicas das camadas do modelo de referência.

O OSIverso não é apenas um ambiente de jogo, é uma progressão pedagógica pelo funcionamento das comunicações digitais, transformando os conceitos abstratos do Modelo OSI em mundos interativos, que os jogadores precisam compreender, explorar e superar. Cada camada é tratada como um ecossistema fechado e temático, oferecendo mecânicas únicas que refletem os processos técnicos envolvidos: desde a transmissão física de sinais elétricos, passando pelo roteamento e sincronização de sessões, até a entrega de serviços como navegação web, e-mail e transmissão de voz.

A aventura começa na Camada Física, um mundo subterrâneo instável, onde os personagens enfrentam desafios relacionados à interferência, ruído e perda de sinal, lidando com elementos como campos eletromagnéticos, fibras ópticas e corrente elétrica. Conforme avançam, Marcus e Ayla percorrem cidades industriais organizadas (Enlace), labirintos urbanos dinâmicos (Rede), estações ferroviárias de sincronização (Transporte), bibliotecas místicas com enigmas de sessão (Sessão), galerias de arte digital que exigem criptografia e tradução (Apresentação), e, por fim, chegam ao Núcleo Tecnológico da Aplicação, onde interagem com NPCs que representam os principais protocolos da internet, como HTTP, SMTP e DNS, cada um com missões específicas que simulam situações reais de redes.

A progressão no jogo é estruturada de forma didática, alinhando-se à proposta pedagógica central: ensinar o Modelo OSI por meio da gamificação e da experiência simbólica. Cada camada exige que o jogador não apenas jogue, mas reflita e compreenda o papel daquela etapa na comunicação em redes. Os personagens vão obtendo fragmentos de memória e compreensão à medida que superam os desafios técnicos, simbolizando o próprio processo de aprendizado dos alunos no mundo real.

O jogo é, portanto, uma metáfora viva do ensino-aprendizagem em redes de computadores.

Visualmente, OSIverso combina pixel art detalhado com efeitos simbólicos modernos, contrastando a simplicidade visual com a profundidade conceitual. Cada camada possui uma trilha sonora única e atmosfera imersiva, reforçando a identidade emocional e funcional do espaço. O enredo se desenvolve de forma sutil e introspectiva, revelando ao jogador, no final, que todo o universo explorado fazia parte da mente adormecida dos protagonistas, um cenário virtual criado por seu subconsciente para compreender o Modelo OSI de forma profunda, intuitiva e inesquecível.

#### **4.1 Contextualização do enredo**

A narrativa de OSIverso utiliza a metáfora de um "mundo digital" para justificar a abstração visual das camadas de rede. O enredo situa os protagonistas, Marcus e Ayla, como avatares dos estudantes dentro de uma simulação do sistema, onde a progressão do jogo está intrinsecamente ligada à resolução de falhas de comunicação. Diferente de jogos puramente recreativos, a história não serve apenas como entretenimento, mas como um fio condutor pedagógico que conecta os conceitos isolados das camadas em um fluxo lógico de funcionamento da rede.

A jornada segue uma estrutura linear ascendente, iniciando na Camada Física e terminando na Aplicação. Essa escolha narrativa reflete a hierarquia técnica do Modelo OSI, onde cada nível superado representa a aquisição de competências necessárias para compreender o nível seguinte. Ao final da experiência, o "despertar" dos personagens simboliza a consolidação do aprendizado, transformando a abstração teórica vivenciada no jogo em conhecimento concreto aplicável à realidade acadêmica.

#### **4.2 Fases do jogo (ecossistemas)**

##### **4.2.1 Camada física – o submundo das conexões**

A Camada Física é representada como uma área subterrânea formada por túneis de fibra óptica, cabos de cobre e pontos de transmissão. O cenário mostra visualmente os meios por onde os sinais trafegam, como pulsos de luz, ondas

eletromagnéticas e sinais elétricos. Esses elementos permitem ao estudante reconhecer que esta camada lida apenas com a transmissão física dos bits, sem interpretar seu conteúdo.

Durante a fase, o jogador enfrenta problemas como ruído, atenuação e interferência, que aparecem na forma de obstáculos e falhas no caminho do sinal. Para avançar, ele precisa alinhar cabos, ajustar frequências e ativar amplificadores. Essas ações representam, de forma prática, como a qualidade do meio físico afeta diretamente a integridade da comunicação.

Portas de Sinal bloqueiam o avanço até que parâmetros como taxa de transmissão, tipo de modulação e meio físico sejam configurados corretamente. O jogador também precisa manter a sincronização do clock para que os pulsos não se percam, reforçando a importância do tempo e da estabilidade na transmissão de dados.

Do ponto de vista pedagógico, essa fase tem como objetivo fazer o estudante compreender que a Camada Física trabalha exclusivamente com sinais e meios de transmissão. Ele aprende que problemas como ruído, interferência e perda de sinal não são falhas de software, mas limitações físicas do canal. Ao resolver os desafios, o jogador desenvolve a capacidade de identificar esses problemas e aplicar ajustes técnicos para manter a comunicação funcionando.

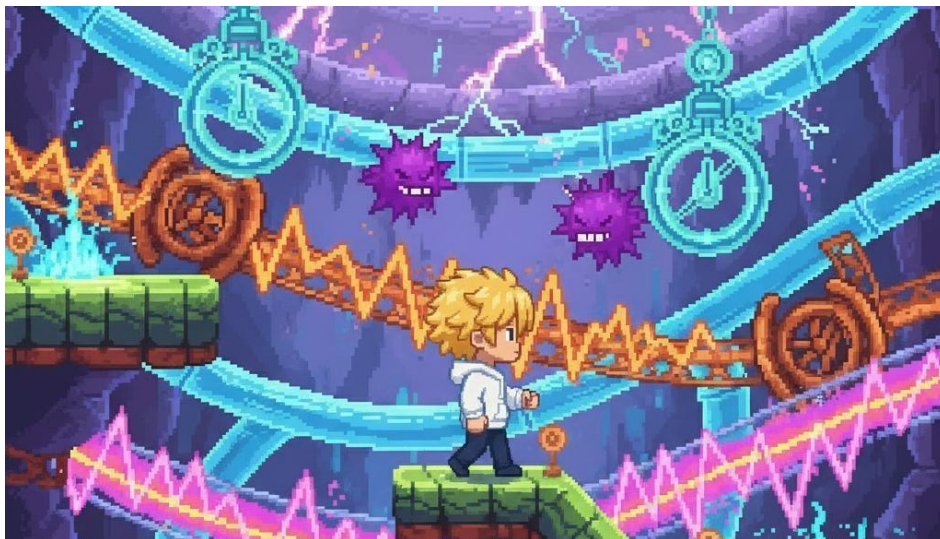
A seguir, uma amostra conceitual do quadro de mapeamento - Camada Física:

- a) Conceito OSI: Transmissão de bits em meios físicos, incluindo efeitos de ruído, atenuação e interferência;
- b) Metáfora visual: Túneis de fibra, cabos de cobre e fluxos de energia representando sinais elétricos e ópticos;
- c) Mecânica e desafio: Ajustar modulação, sincronizar clock, posicionar amplificadores e redirecionar sinais entre diferentes meios físicos;
- d) objetivo de aprendizagem: Entender como os bits são convertidos em sinais físicos e como o meio de transmissão influencia a qualidade da comunicação;
- e) evidência: O jogador demonstra saber identificar interferências, escolher o meio adequado e configurar parâmetros básicos de transmissão.

As Missões-âncora da Camada Física, possuem a seguinte estrutura:

- a) restauração do sinal: o jogador reposiciona amplificadores ao longo de túneis ópticos para compensar a atenuação do sinal;
- b) caça ao ruído: elementos de interferência interrompem o fluxo, e o jogador precisa ajustar o clock e a sincronização para restabelecer a transmissão;
- c) porta de modulação: uma passagem só se abre quando o tipo de modulação do canal é configurado corretamente.
- d) corredor das ondas: o jogador alterna entre cabos de cobre e fibra óptica, aprendendo as diferenças entre os meios físicos.

Figura 8- Representação da camada física do Modelo OSI



Fonte: Autor (2025), imagem produzida com auxílio de Inteligência Artificial.

#### 4.2.2 Camada de enlace – a cidade das regras e roteiros

A Camada de Enlace é apresentada como um complexo industrial automatizado, onde os dados não circulam mais como sinais contínuos, mas como quadros organizados em trilhos e rotas controladas. Cada quadro é representado como um veículo identificado por um endereço MAC, permitindo que o estudante visualize como ocorre o endereçamento físico e o controle de quem pode transmitir em cada momento.

Nesta fase, o jogador precisa organizar o tráfego local. Semáforos e cancelas simulam os mecanismos de acesso ao meio, como CSMA/CD e CSMA/CA. Quando o controle falha, surgem colisões visuais e os quadros precisam ser retransmitidos, mostrando na prática como erros e conflitos afetam a comunicação em redes locais.

O ambiente também inclui diferentes tipos de trilhos que representam

tecnologias como Ethernet, Wi-Fi e PPP. O jogador deve comutar fluxos, priorizar quadros e resolver congestionamentos, reforçando que o enlace é responsável por entregar os dados corretamente entre nós vizinhos, antes que eles sigam para camadas superiores.

De forma educacional, esta fase tem como objetivo ensinar como a Camada de Enlace encapsula dados em quadros, identifica dispositivos por endereço MAC e controla o uso do meio. O estudante aprende a detectar erros locais por meio de CRC, a lidar com colisões e a aplicar regras de acesso ao canal para manter a rede estável e eficiente.

A seguir, amostra conceitual do Quadro de Mapeamento – Camada de Enlace:

- a) conceito OSI: Controle de acesso ao meio, encapsulamento em quadros, endereçamento MAC e detecção de erros locais;
- b) metáfora visual: Complexo industrial com trilhos, sinais e postos de controle por onde trafegam veículos de dados;
- c) mecânica e desafio: Gerenciar colisões, validar endereços MAC, aplicar CRC, controlar retransmissões e priorizar quadros;
- d) objetivo de aprendizagem: Compreender como o enlace organiza a comunicação entre dispositivos vizinhos e garante a integridade dos quadros;
- e) evidência: O jogador demonstra saber identificar colisões, aplicar CSMA/CD ou CSMA/CA, validar quadros por CRC e usar endereços MAC corretamente.

As Missões-âncora da Camada de Enlace possuem as seguintes estruturas:

- a) semáforo de acesso: O jogador configura os sinais digitais para evitar colisões em um trecho congestionado da rede local;
- b) identidade do quadro: Em pontos de verificação, o jogador valida endereços MAC para separar quadros legítimos de quadros incorretos;
- c) controle de erros: Quadros corrompidos surgem no fluxo e o jogador aplica CRC para detectar falhas e acionar a retransmissão;
- d) engarrafamento local: O tráfego se acumula e o jogador reorganiza a fila de envio e define prioridades de quadros;
- e) caça aos fantasmas: Quadros inválidos tentam atravessar os controles e o jogador precisa identificá-los e isolá-los.

Figura 9- Representação da Camada de enlace, controle de acesso ao meio pelo CSMA/CD



Fonte: Autor (2025), imagem produzida com auxílio de Inteligência Artificial.

#### 4.2.3 Camada de rede – o labirinto da rota digital

A Camada de Rede é representada como um grande sistema de vias interligadas que conectam diferentes áreas do jogo. Cada caminho corresponde a uma rota possível entre redes distintas. O jogador visualiza pacotes como unidades que carregam endereços IP de origem e destino, deixando claro que aqui o endereçamento já é lógico e não mais físico.

O principal desafio da fase é escolher por onde os pacotes devem seguir. As rotas mudam conforme congestionamento, falhas de enlace ou variação de custo, e o jogador precisa analisar métricas como número de saltos e atraso para decidir o melhor caminho. Isso representa o funcionamento dos protocolos de roteamento e a ideia de melhor esforço, em que a camada tenta entregar os pacotes, mas sem garantia absoluta.

Alguns pacotes aparecem fragmentados quando são maiores que a MTU do caminho escolhido. O jogador precisa reunir esses fragmentos para que a mensagem seja reconstruída, aprendendo que a fragmentação é uma consequência direta das limitações da rede e que perdas parciais podem ocorrer.

Do ponto de vista didático, esta fase ensina como a Camada de Rede define o caminho dos pacotes entre redes, utiliza endereços IP e lida com fragmentação. O estudante aprende a interpretar métricas de roteamento, a diferenciar endereçamento lógico de físico e a reagir a falhas e congestionamentos ajustando as rotas.

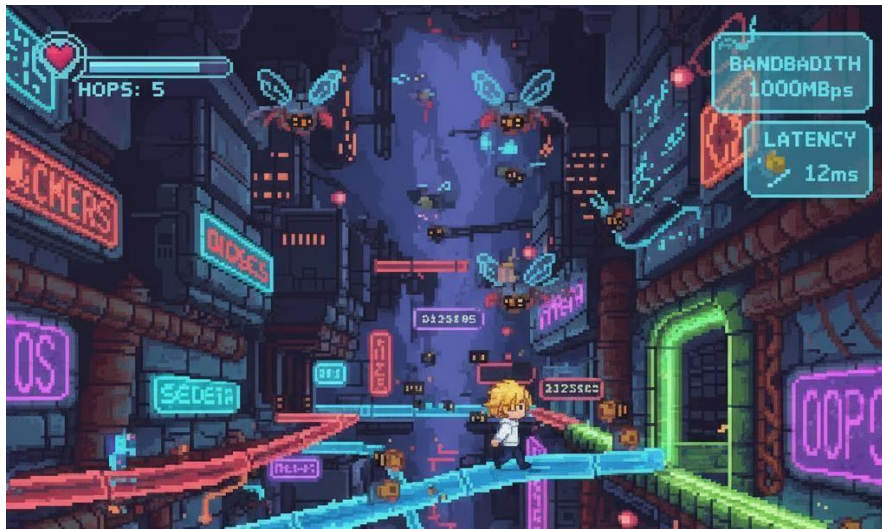
A seguir, amostra conceitual do Quadro de Mapeamento – Camada de Rede:

- a) conceito OSI: Roteamento, endereçamento IP, fragmentação e reassemblagem, funcionamento por melhor esforço;
- b) metáfora visual: Sistema urbano de vias e túneis interligados, com cruzamentos que representam decisões de roteamento;
- c) mecânica e desafio: Escolher rotas, reagir a congestionamentos, reunir fragmentos de pacotes e reconfigurar caminhos após falhas;
- d) objetivo de aprendizagem: Entender como a camada de rede encaminha pacotes entre redes e como o roteamento e a fragmentação influenciam a entrega;
- e) evidência: O jogador demonstra saber usar métricas para escolher rotas, identificar endereços IP e lidar com pacotes fragmentados.

As Missões-âncora da Camada de Rede possuem as seguintes estruturas:

- a) na encruzilhada digital: O jogador escolhe o melhor caminho com base em atraso, número de saltos e largura de banda;
- b) destino em movimento: O destino muda e o jogador precisa recalcular a rota usando regras de roteamento dinâmico;
- c) fragmentos perdidos: Pacotes maiores que a MTU é dividida e o jogador deve reunir as partes para reconstruir a mensagem;
- d) colapso de rota: Um enlace falha e o jogador precisa redefinir o caminho para manter o fluxo de dados;
- e) caos congestionado: Uma rota fica sobrecarregada e o jogador redireciona o tráfego para equilibrar a rede.

Figura 10- Representação da camada de rede e suas dimensões



Fonte: Autor (2025), imagem produzida com auxílio de Inteligência Artificial.

#### 4.2.4 Camada de transporte – a estação da confiança

A Camada de Transporte é representada como uma grande estação de despacho de dados, onde os pacotes passam a ser controlados de ponta a ponta. Neste ponto do jogo, o foco deixa de ser apenas o caminho e passa a ser a entrega correta, na ordem certa e sem perdas, quando o modo confiável é utilizado.

Os pacotes aparecem como trens numerados que precisam chegar ao destino na sequência correta. O jogador acompanha confirmações de recebimento e, quando algo falha, precisa reenviar os pacotes. Isso representa os mecanismos de ACK e retransmissão usados no TCP para garantir confiabilidade.

O ritmo de envio também precisa ser controlado. O jogador só pode liberar novos trens quando o destino confirma o recebimento dos anteriores, simulando a janela deslizante e o controle de fluxo. Se muitos pacotes são enviados de uma vez, o sistema entra em congestionamento, exigindo ajustes no envio.

A fase também apresenta trilhos rápidos que não usam confirmações, representando o UDP. Neles, os pacotes chegam mais rápido, mas podem ser perdidos ou chegar fora de ordem. Essa diferença permite ao jogador entender quando vale a pena usar confiabilidade ou priorizar velocidade.

Do ponto de vista educacional, esta fase ensina como a Camada de Transporte garante a comunicação fim a fim entre aplicações. O estudante aprende a diferença entre TCP e UDP, como funcionam ACKs, retransmissões, janela deslizante, controle

de fluxo e controle de congestionamento, e como esses mecanismos afetam a entrega dos dados.

A seguir, amostra conceitual e funcional do Quadro de Mapeamento – Camada de Transporte:

- a) conceito OSI: Entrega fim a fim, confiabilidade, controle de fluxo, controle de congestionamento, TCP e UDP;
- b) metáfora visual: Estação de despacho com trens numerados, plataformas de envio e trilhos rápidos;
- c) mecânica e desafio: Garantir ordem, confirmar recebimentos, reenviar pacotes, ajustar ritmo de envio e escolher entre modo confiável ou rápido;
- d) objetivo de aprendizagem: Compreender como a camada de transporte controla a entrega dos dados e diferencia protocolos confiáveis e não confiáveis;
- e) evidência: O jogador demonstra saber usar janela deslizante, aplicar retransmissões, identificar quando usar TCP ou UDP e ajustar o fluxo.

As Missões-âncora da Camada de Transporte possuem as seguintes estruturas e funcionalidade:

- a) ordem na linha: O jogador reorganiza pacotes para que cheguem na sequência correta;
- b) janela em movimento: O envio de novos pacotes depende da confirmação dos anteriores;
- c) retransmissão de emergência: Pacotes sem confirmação precisam ser enviados novamente;
- d) trilhos expressos: O jogador usa o modo rápido sem confirmações, representando o UDP;
- e) Estação congestionada: O ritmo de envio é ajustado para evitar sobrecarga no destino.

Figura 11- Representação da camada de transporte e suas funcionalidades



Fonte: Autor (2025), imagem produzida com auxílio de Inteligência Artificial.

#### 4.2.5 Camada de sessão – a biblioteca do tempo e do diálogo

A Camada de Sessão é representada como um grande ambiente de controle de diálogos, onde o foco não está mais nos pacotes, mas na continuidade das comunicações entre dois pontos. O jogador passa a lidar com sessões ativas, que precisam ser iniciadas, mantidas e encerradas corretamente.

Nesta fase, cada comunicação é tratada como um diálogo em andamento. O jogador precisa garantir que a sessão permaneça ativa mesmo quando ocorrem interrupções. Para isso, ele cria pontos de retomada, que permitem continuar a comunicação a partir do último estado válido, em vez de reiniciá-la do zero.

A sincronização entre emissor e receptor é outro elemento central. Se os tempos se desencontram, a sessão é interrompida. O jogador aprende a alinhar os fluxos para que as mensagens sigam na ordem correta e no momento adequado, mantendo o estado da conversa consistente.

Também são apresentados diferentes modos de comunicação. Em half-duplex, apenas um lado transmite por vez. Em full-duplex, ambos podem transmitir simultaneamente. O jogador precisa escolher o modo correto conforme a situação, compreendendo como isso afeta o funcionamento da sessão.

No contexto de ensino-aprendizagem, esta fase ensina como a Camada de Sessão organiza, mantém e recupera diálogos digitais. O estudante aprende a criar e

encerrar sessões, usar sincronização, definir checkpoints e permitir a retomada após falhas, garantindo que a comunicação permaneça contínua.

A seguir, amostra conceitual e funcional do Quadro de Mapeamento – Camada de Sessão:

- a) conceito OSI: Estabelecimento, manutenção e encerramento de sessões, sincronização, checkpoints e modos de comunicação;
- b) metáfora visual: Ambiente de controle de diálogos com marcadores de tempo, registros de sessão e chaves de acesso;
- c) mecânica e desafio: Manter sessões ativas, alinhar fluxos, criar pontos de retomada e recuperar a comunicação após falhas;
- d) objetivo de aprendizagem: Compreender como a camada de sessão mantém a continuidade e o estado dos diálogos entre dois sistemas;
- e) evidência: O jogador demonstra saber sincronizar fluxos, criar checkpoints, recuperar sessões e escolher entre half-duplex e full-duplex.

As Missões-âncora da Camada de Sessão possuem as seguintes estruturas e funcionalidades:

- a) o relógio da continuidade: O jogador mantém emissor e receptor sincronizados para que a sessão não seja interrompida;
- b) espelhos do diálogo: O jogador escolhe entre comunicação em turnos ou simultânea conforme a situação;
- c) enigma do salvamento: O jogador marca pontos de retomada e restaura a sessão após uma falha;
- d) tokens do guardião: O jogador usa chaves de sessão para permitir a continuidade da comunicação;
- e) A conversa infinita: O jogador mantém duas sessões ativas ao mesmo tempo sem perder o estado de nenhuma delas.

Figura 12- Representação da camada de sessão



Fonte: Autor (2025), imagem produzida com auxílio de Inteligência Artificial.

#### 4.2.6 Camada de apresentação – a galeria da linguagem e dos códigos

A Camada de Apresentação é representada como um ambiente onde os dados são preparados para serem usados pela aplicação. Nesta fase, o foco não está mais no transporte, mas na forma como a informação é codificada, protegida e transformada para que diferentes sistemas consigam interpretá-la.

O jogador lida com três processos centrais. O primeiro é a criptografia, onde os dados só podem ser lidos quando a chave correta é aplicada. Isso mostra como protocolos de segurança protegem a informação durante a comunicação. O segundo é a compressão, em que os dados são reduzidos para ocupar menos espaço e depois restaurados, permitindo transmissões mais eficientes. O terceiro é a tradução de formatos, que converte dados entre diferentes representações, como texto, binário ou codificações de caracteres.

Esses processos aparecem como desafios de conversão e ajuste. O jogador precisa aplicar o método certo para revelar o conteúdo, reduzir o tamanho da mensagem ou adaptar o formato ao sistema de destino. Quando o formato ou a proteção estão incorretos, a aplicação não consegue interpretar os dados.

Considerando os objetivos de aprendizagem, esta fase ensina como a Camada de Apresentação garante que a informação seja segura, eficiente e compreensível. O estudante aprende sobre criptografia e descriptografia, compressão e descompressão

e tradução de formatos, entendendo como esses mecanismos permitem a interoperabilidade entre sistemas diferentes.

A seguir, amostra conceitual e funcional do Quadro de Mapeamento – Camada de Apresentação:

- a) conceito OSI: Criptografia, compressão, tradução de formatos e definição de sintaxe e semântica dos dados;
- b) metáfora visual: Ambiente de transformação de dados, onde informações mudam de forma, tamanho e aparência;
- c) mecânica e desafio: Decifrar dados, compactar e expandir informações e converter entre diferentes formatos;
- d) objetivo de aprendizagem: Compreender como os dados são transformados para serem protegidos, otimizados e interpretáveis por diferentes aplicações;
- e) evidência: O jogador demonstra saber criptografar e descriptografar, comprimir e descomprimir e traduzir formatos de dados corretamente.

As Missões-âncora da Camada de Apresentação possuem as seguintes estruturas e funcionalidades:

- a) a obra oculta: O jogador revela dados protegidos aplicando a chave correta;
- b) escultura elástica: O jogador reduz e restaura o tamanho dos dados mantendo o conteúdo;
- c) o código das cores: O jogador converte informações entre diferentes formatos e codificações;
- d) a máscara e a chave: O jogador escolhe o nível adequado de proteção para uma comunicação;
- e) O tradutor universal: O jogador alinha sistemas diferentes em um formato comum para permitir a troca de dados.

Figura 13- Representação da camada de apresentação



Fonte: Autor (2025), imagem produzida com auxílio de Inteligência Artificial.

#### 4.2.7 Camada de aplicação – o núcleo dos encontros digitais

A Camada de Aplicação é o ponto em que o usuário finalmente interage com a rede. No jogo, ela aparece como um núcleo de serviços digitais, onde cada protocolo representa uma forma diferente de comunicação entre pessoas, sistemas e aplicações.

Nesta fase, o jogador executa tarefas reais da internet. Ele acessa páginas, envia mensagens, transfere arquivos, resolve nomes de domínio e realiza chamadas de voz. Cada uma dessas ações corresponde a um protocolo específico, como HTTP, SMTP, FTP, DNS e SIP, permitindo que o estudante veja como esses serviços funcionam na prática.

Os desafios exigem que o jogador interprete mensagens, cabeçalhos e respostas dos protocolos. Para completar uma missão, ele precisa entender o que cada protocolo faz, como uma requisição HTTP retorna um código de status, como um e-mail é encaminhado ou como um nome de domínio é convertido em endereço IP.

No âmbito da formação técnica, esta fase ensina como a Camada de Aplicação conecta o usuário aos serviços da rede. O estudante aprende a identificar os principais protocolos, compreender seu papel e relacionar cada um deles a atividades reais,

como navegar na web, enviar e-mails, fazer chamadas ou transferir arquivos.

A seguir, amostra conceitual e funcional do Quadro de Mapeamento – Camada de Aplicação:

- a) conceito OSI: Protocolos e serviços que permitem a interação direta entre usuário e rede;
- b) metáfora visual: Hub de serviços digitais com personagens que representam protocolos;
- c) mecânica e desafio: Executar tarefas de rede como acessar páginas, enviar mensagens, consultar DNS e transferir arquivos;
- d) objetivo de aprendizagem: Entender como os protocolos de aplicação oferecem serviços ao usuário final;
- e) evidência: O jogador demonstra saber usar e identificar protocolos como HTTP, SMTP, FTP, DNS e SIP em tarefas práticas.

As Missões-âncora da Camada de Aplicação possuem as seguintes estruturas e funcionalidades:

- a) o mensageiro HTTP: O jogador interpreta uma requisição e resposta HTTP e identifica códigos de status;
- b) o carteiro SMTP: O jogador configura o envio de um e-mail e analisa seu fluxo;
- c) o oráculo DNS: O jogador converte nomes de domínio em endereços IP;
- d) o guardião FTP: O jogador realiza upload e download de arquivos;
- e) a voz dos ecos: O jogador estabelece uma chamada VoIP usando SIP e RTP;
- f) o inventário SNMP: O jogador consulta informações básicas de um dispositivo de rede.

Figura 14- Representação da camada de aplicação



Fonte: Autor (2025), imagem produzida com auxílio de Inteligência Artificial.

### 4.3 Mecânicas do jogo

#### 4.3.1 Exploração Livre

A mecânica de exploração livre foi projetada para permitir que os jogadores transitem por mapas distintos que representam fielmente a estrutura hierárquica do Modelo OSI, reforçando a compreensão prática de como as camadas se interconectam. Cada mundo dentro do jogo é construído com base em metáforas visuais e funcionais que representam os serviços e processos da camada correspondente, como sugerido por Tanenbaum e Wetherall (2011), ao destacar a importância da abstração em camadas para facilitar o entendimento dos sistemas de comunicação. A ambientação, os obstáculos e a lógica interna de cada reino são moldados para refletir os princípios operacionais de cada camada, incentivando o jogador a reconhecer os conceitos técnicos mesmo durante a navegação livre.

Durante a exploração, Marcus e Ayla interagem com NPCs que representam dispositivos ou entidades protocolares, como switches, roteadores, servidores de aplicação e clientes, o que permite a internalização gradual de papéis e funções na rede (Kurose; Ross, 2017). Essas interações contribuem para a formação de um modelo mental mais sólido por meio do aprendizado situado, conforme defendido por Lave e Wenger (1991), ao colocar os estudantes em contextos simulados de uso real. Além disso, a coleta de dados espalhados pelos mapas, como fragmentos de pacotes, identificadores de protocolo e logs corrompidos, oferece pequenas recompensas narrativas e técnicas, simulando práticas como troubleshooting e análise de rede, essenciais no cotidiano profissional.

Essa liberdade de movimentação está alinhada à abordagem pedagógica construtivista, onde o jogador assume papel ativo no processo de aprendizagem, construindo significado a partir de experiências concretas (Piaget, 1973). A exploração dos cenários estimula a curiosidade e promove o aprendizado autônomo, permitindo que o conteúdo de redes seja assimilado de forma orgânica e progressiva. Como destaca Papert (1980), o uso de ambientes simulados e interativos é uma estratégia poderosa para ensinar conceitos técnicos complexos por meio da ludicidade. Com isso, *OS/verso* transforma a simples navegação em uma experiência de descoberta conceitual, onde aprender é parte indissociável da jornada.

#### 4.3.2 Resolução de Problemas

A mecânica de resolução de problemas em *OS/verso* foi concebida para promover o raciocínio lógico e a aplicação prática do conhecimento técnico sobre redes de computadores, especialmente os conceitos presentes no Modelo OSI. Os enigmas, puzzles e desafios são cuidadosamente contextualizados em situações que simulam ocorrências reais de rede, como falhas de comunicação, perda de pacotes, erros de encapsulamento ou roteamento equivocado de dados. Essa abordagem permite que os jogadores compreendam o funcionamento das camadas de maneira experiencial, em sintonia com o que apontam Kurose e Ross (2017), que defendem a importância de estudar redes por meio de exemplos práticos e estruturados.

Cada problema é estruturado de modo a exigir que o jogador identifique em qual camada está o erro e aplique raciocínio técnico para corrigi-lo, promovendo assim o desenvolvimento de habilidades diagnósticas e analíticas. Por exemplo, em uma das fases da camada de Transporte, Marcus e Ayla devem solucionar um quebra-cabeça que simula a retransmissão de pacotes perdidos, baseando-se no funcionamento do protocolo TCP. Esses desafios reforçam o conteúdo visto teoricamente ao mobilizar o jogador para resolver, de forma contextualizada, situações que exigem domínio sobre os fluxos de dados entre camadas, o que é consonante com o modelo de aprendizagem significativa de Ausubel (2003), no qual o conhecimento é mais bem assimilado quando está vinculado a contextos reais ou simulados de aplicação.

Além disso, a resolução de problemas em *OS/verso* incorpora princípios da Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP), um método que, segundo Barrows (1996), estimula o engajamento, a autonomia e a retenção do conteúdo por meio da

investigação ativa de questões complexas. A complexidade dos desafios aumenta conforme o progresso no jogo, promovendo a consolidação gradual do conhecimento e incentivando o pensamento sistêmico, qualidade essencial para profissionais da área de redes. Como apontado por Tanenbaum e Wetherall (2011), compreender as redes vai além da teoria: é preciso saber como os sistemas reagem a falhas, o que *OS/verso* transforma em um processo lúdico e instigante.

#### 4.3.3 Interação com Protocolos

Em *OS/verso*, a mecânica de interação com protocolos é central para promover a compreensão funcional dos serviços e dispositivos que operam em cada camada do Modelo OSI. Cada NPC representa um elemento de rede, como switches, roteadores, servidores DNS, gateways ou clientes, e atua segundo comportamentos específicos associados aos protocolos de sua respectiva camada. Por meio de diálogos, trocas de pacotes simbólicos e pequenas simulações, os jogadores podem observar como os protocolos coordenam a comunicação, reforçando a visão proposta por Tanenbaum e Wetherall (2011) de que os protocolos são regras de interação entre entidades de rede que viabilizam a interoperabilidade e a eficiência dos sistemas distribuídos.

Essa abordagem personificada dos protocolos facilita a assimilação de seu funcionamento por meio de analogias visuais e interativas. Por exemplo, ao interagir com um NPC que representa o protocolo HTTP na camada de Aplicação, o jogador pode solicitar e receber dados simulando uma transação cliente-servidor, enquanto outro NPC, representando o DNS, responde a consultas sobre nomes de domínio. A gamificação desses processos abstrai a complexidade técnica sem comprometer a precisão conceitual, algo defendido por Kurose e Ross (2017), que enfatizam a importância de visualizar os protocolos como elementos colaborativos que formam a base do modelo em pilha. Isso estimula o pensamento em camadas, permitindo que o jogador compreenda como cada protocolo atua de maneira independente e ao mesmo tempo integrada.

A estratégia de converter os protocolos em agentes do jogo reforça também o modelo construtivista de aprendizagem, no qual o conhecimento é construído por meio de experiências significativas (Papert, 1980). Ao transformar interações técnicas em narrativas simbólicas, *OS/verso* facilita o entendimento de conceitos abstratos como controle de fluxo, detecção de erros e tradução de dados. Além disso, esse tipo de mecânica estimula a análise crítica das funções e limitações dos protocolos, conforme

recomendam os princípios da Aprendizagem Baseada em Problemas (Barrows, 1996), permitindo que os estudantes identifiquem e compreendam problemas de comunicação por meio da observação e da experimentação ativa.

#### 4.3.4 Sistema de Progressão

O sistema de progressão em OSIverso foi concebido para refletir de forma fiel o empilhamento hierárquico e a interdependência das camadas do Modelo OSI, conforme descrito por Tanenbaum e Wetherall (2011). A proposta prevê que, à medida que os jogadores avancem pelos reinos do jogo, novas habilidades se tornem disponíveis, traduzindo mecanicamente o princípio de que cada camada fornece serviços à camada superior e depende da camada inferior para funcionar corretamente. Essa abordagem fortalece a compreensão de que o fluxo de dados em uma rede ocorre em níveis sobrepostos, nos quais o funcionamento adequado de cada camada é essencial para a entrega confiável da informação.

A progressão por competências é estruturada de forma detalhada para cada camada do OSI, da seguinte maneira:

- a) Camada Física: Competência: transmitir sinais digitais pelos meios físicos e compreender os efeitos de ruído, atenuação e interferência;
- b) Camada de Enlace: Competência: controlar o acesso ao meio, detectar e corrigir erros de transmissão, entender endereçamento MAC e mecanismos de detecção de colisão (CSMA/CD, CSMA/CA);
- c) Camada de Rede: Competência: determinar rotas, gerenciar endereçamento lógico (IP) e compreender fragmentação e reassemblagem de pacotes;
- d) Camada de Transporte: Competência: garantir confiabilidade da transmissão, controlar fluxo e congestionamento, aplicar protocolos orientados e não orientados à conexão (TCP/UDP);
- e) Camada de Sessão: Competência: iniciar, manter e finalizar sessões de comunicação, controlar sincronização e recuperação de estados;
- f) Camada de Apresentação: Competência: interpretar e transformar dados em formatos compreensíveis, aplicar criptografia e compressão, garantindo interoperabilidade entre sistemas;
- g) Camada de Aplicação: Competência: interagir com serviços de rede de alto nível, compreender protocolos de aplicação (HTTP, FTP, SMTP, DNS, entre outros) e

gerenciar interfaces com o usuário final.

Essa progressão gradual e orientada por conquistas cognitivas está alinhada aos princípios do modelo de aprendizagem por competências, promovendo a construção sequencial e consolidada de conhecimento técnico, como defendem Moreira e Masetto (2001). Além disso, a percepção de evolução no jogo é reforçada por recompensas simbólicas, como diagramas, termos técnicos e scripts, que se transformam em habilidades concretas dentro do ambiente interativo.

A mecânica do OSIverso incorpora princípios da teoria de Ausubel (2003), onde o conhecimento de cada camada serve como âncora (subçunçor) para a compreensão da camada seguinte. Dessa forma, o jogo facilita a ancoragem dos novos conhecimentos, utilizando metáforas visuais como organizadores prévios, promovendo um aprendizado significativo e engajante, enquanto reforça conceitos fundamentais de redes de computadores de maneira lúdica e imersiva.

#### **4.4 Objetivos educacionais**

O principal objetivo educacional de OSIverso é tornar o Modelo OSI mais acessível e compreensível por meio de representações visuais, lúdicas e interativas, transformando um conteúdo tecnicamente denso em uma experiência envolvente. A estrutura em camadas do jogo corresponde diretamente à estrutura hierárquica do modelo proposto pela ISO, conforme descrito por Tanenbaum e Wetherall (2011), permitindo que os estudantes visualizem, interajam e experimentem os conceitos de cada camada de forma contextualizada. Ao fazer com que os jogadores “caminhem” por essas camadas, o jogo utiliza o espaço virtual como ferramenta pedagógica que converte abstrações em vivências cognitivas, reforçando a retenção de conceitos complexos.

Outro objetivo essencial do jogo é promover o aprendizado ativo e significativo, baseado na resolução de problemas reais e técnicos que simulam situações enfrentadas em redes de computadores. Por meio de mecânicas de puzzle, exploração de ambientes e interações com NPCs que representam protocolos e dispositivos, o jogador é desafiado a aplicar os conhecimentos adquiridos em situações práticas, o que está em consonância com a aprendizagem significativa de Ausubel (2003), pois o ambiente visual do jogo atua como um organizador prévio, permitindo que o aluno relacione os novos conceitos técnicos com representações visuais familiares. Essa metodologia também encontra respaldo em Kurose e Ross

(2017), ao enfatizarem que a prática na análise e solução de problemas em rede é fundamental para a formação de um bom profissional da área.

Além disso, OSIverso visa estimular o desenvolvimento de habilidades cognitivas complexas, como análise crítica, raciocínio lógico, planejamento estratégico e tomada de decisões, competências diretamente ligadas à formação de profissionais em Tecnologia da Informação. Ao construir sua jornada de aprendizado dentro de um espaço seguro e gamificado, o jogador desenvolve autonomia, aprende com os erros e reflete sobre os sistemas que estruturam a comunicação digital. Essa proposta está alinhada ao modelo de ensino por competências descrito por Moreira e Masetto (2001), no qual o foco não está apenas na memorização de conteúdos, mas na capacidade do estudante de mobilizar conhecimentos, habilidades e atitudes para resolver situações contextualizadas.

#### **4.5 Controles**

O sistema de controles foi projetado para ser intuitivo, responsivo e adaptável, garantindo ao jogador a liberdade de interação em todas as camadas do OSIverso, sem perder clareza durante as missões educativas. Os comandos podem ser remapeados de acordo com a preferência do usuário (ver seção de Acessibilidade).

O sistema de controles será composto por:

- a) movimento: Setas direcionais ou WASD, possibilitam a exploração dos cenários bidimensionais em qualquer direção;
- b) interação: Espaço ou Enter, utilizado para conversar com NPCs, ativar mecanismos, coletar itens e acessar pontos de estudo;
- c) ataque: Botão esquerdo do mouse, usado contra inimigos digitais (bugs, erros ou falhas de transmissão);
- d) lançar objeto/ferramenta: Botão direito do mouse, permite utilizar itens coletados (como pacotes de dados, ferramentas de correção ou chaves criptográficas) para resolver desafios ou neutralizar interferências;
- e) menu Técnico ou Inventário: acionado pela tecla ESC, abrindo o inventário interativo com glossário de termos, protocolos, itens coletados e definições técnicas contextualizadas.

Esse conjunto de controles garante ao jogador não apenas fluidez no combate e exploração, mas também o acesso imediato a informações educativas e recursos

necessários para resolver as missões de cada camada.

#### **4.6 Arte e áudio**

O design artístico e sonoro do OSIverso busca aliar imersão estética e didática, tornando cada camada imediatamente reconhecível tanto visualmente quanto auditivamente.

O sistema de áudio será composto por:

- a) estilo visual: pixel art em 2D, com paletas de cores específicas para cada camada, reforçando a associação entre o ambiente visual e sua função no Modelo OSI;
- b) Trilha sonora: cada camada possui uma faixa musical própria, composta para transmitir a atmosfera correspondente;
- c) Efeitos sonoros: sons ambientes e efeitos técnicos, como pacotes de dados em movimento e falhas de transmissão, reforçam a narrativa e auxiliam na identificação de eventos relevantes.

Essa estética foi escolhida por equilibrar nostalgia, clareza visual e viabilidade técnica, além de facilitar o engajamento de jogadores de diferentes idades.

#### **4.7 Acessibilidade**

O projeto prioriza inclusão e acessibilidade, permitindo que jogadores com diferentes necessidades tenham a melhor experiência possível. Entre os recursos estão:

- a) Modos daltônicos: aplicação de filtros visuais com contraste ajustado para facilitar a distinção entre elementos do jogo;
- b) Legendas completas: todas as falas, tutoriais e cenas possuem legendas configuráveis em tamanho e cor;
- c) Ajuste de velocidade do jogo: possibilidade de ativar um modo de execução mais lenta para facilitar a leitura e a assimilação dos conteúdos;
- d) Remapeamento de teclas: controle total sobre a configuração de botões via menu de opções.

#### **4.8 Interface**

A interface foi planejada para ser limpa, intuitiva e informativa, permitindo que o jogador mantenha foco tanto no aprendizado quanto na jogabilidade.

A interface será estruturada a partir dos seguintes elementos:

- a) glossário técnico integrado: Acessível pelo inventário, com definições rápidas e exemplos de aplicação dos protocolos e termos de Redes de Computadores;
- b) mapa das camadas: Permite identificar áreas já exploradas, objetivos ativos e pontos de acesso para viagens rápidas;
- c) indicadores visuais: Ícones distintos para camadas, protocolos, itens e status dos desafios, evitando confusão durante as missões;
- d) HUD dinâmica: Exibe vida, estamina, habilidades ativas e progresso das missões em tempo real, sem poluir a tela.

#### **4.9 Inteligência artificial**

A IA do OSiverso foi planejada para criar imersão adaptativa, ajustando-se à evolução do jogador.

O sistema de inteligência artificial é composto pelos seguintes componentes:

- a) NPCs dinâmicos: adaptam diálogos e dicas conforme o progresso, oferecendo informações técnicas mais complexas à medida que o jogador avança;
- b) inimigos inteligentes: bugs, erros de transmissão e falhas de protocolo tornam-se mais difíceis progressivamente, aplicando padrões de ataque ou obstáculos que remetem aos problemas reais enfrentados em redes;
- c) dificuldade adaptativa: jogadores que dominam rapidamente os conceitos encontram desafios mais sofisticados, enquanto os que apresentam dificuldade recebem mais auxílio contextual.

#### **4.10 Engine do jogo**

GameMaker Studio;

Optou-se pela utilização do GameMaker Studio 2 (GMS2) como engine principal, em virtude de sua robustez no desenvolvimento de jogos 2D, aliada à facilidade de prototipagem e à compatibilidade multiplataforma. Outro fator decisivo para essa escolha foi a ausência de cobrança de royalties em projetos acadêmicos, o que garante maior viabilidade dentro do contexto do TCC. Além disso, a linguagem GML (GameMaker Language) apresenta curva de aprendizado acessível, permitindo o desenvolvimento ágil sem demandar conhecimento avançado em programação.

#### **4.11 Requisitos técnicos**

a) sistema operacional:

-mínimo: Windows;

-recomendado: Versões atualizadas desse sistema;

b) resolução suportada:

-mínima de 1280x720 (HD); máxima de 1920x1080 (Full HD);

c) requisitos mínimos:

-CPU Dual Core;

-4GB RAM;

-GPU integrada;

d) requisitos recomendados:

-CPU Quad Core;

-8GB RAM;

-GPU dedicada com suporte a 2D acelerado.

## 5 AVALIAÇÃO PROPOSTA E RESULTADOS ESPERADOS

A avaliação do OSIverso é proposta como um estudo exploratório, cujo objetivo será investigar se o uso do jogo poderá contribuir para o aprendizado e engajamento dos estudantes de Redes de Computadores.

Com base nessa proposta, formulam-se as seguintes hipóteses de avaliação:

- a) hipótese aprendizagem: Espera-se que os estudantes apresentem um aumento no desempenho entre pré-teste e pós-teste sobre o Modelo OSI.
- b) hipótese de usabilidade: Espera-se que o OSIverso atinja escores iguais ou superiores a 68 no System Usability Scale (SUS), indicando aceitabilidade da interface;
- c) Hipótese de motivação: Espera-se que o uso do jogo resulte em níveis elevados nas subescalas de interesse e diversão do Intrinsic Motivation Inventory (IMI);
- d) Hipóteses secundários: Retenção de Conhecimento: desempenho em teste tardio (aplicado entre duas e quatro semanas após a intervenção);
- e) Engajamento: indicadores internos do jogo (tempo de sessão, número de missões concluídas).

A análise dos dados a serem obtidos será conduzida de forma quantitativa, com base nos instrumentos aplicados e nos indicadores definidos previamente, considerando os seguintes procedimentos:

- a) comparação pré e pós-intervenção: Para verificar o ganho de conhecimento, serão aplicados testes antes e após o uso do jogo. Os escores obtidos serão comparados por meio do teste t pareado (quando os dados atenderem aos pressupostos de normalidade) ou, caso contrário, pelo teste não paramétrico de Wilcoxon. Esses testes serão utilizados para investigar se existe diferença estatisticamente significativa entre o desempenho dos alunos antes e após a utilização do jogo;
- b) medição do tamanho do efeito: Além da significância estatística, será calculado o  $d$  de Cohen para quantificar a magnitude do efeito da intervenção. Caso o efeito observado atinja valores iguais ou superiores a  $d = 0,5$ , ele será interpretado como de magnitude média e pedagogicamente relevante. Intervalos de confiança de 95% (IC95%) também serão estimados para dar maior robustez à interpretação dos resultados esperados;

c) usabilidade e Motivação: A usabilidade será avaliada pelo System Usability Scale (SUS), um instrumento amplamente validado, em que valores iguais ou superiores a 68 são interpretados, na literatura, como indicativos de boa aceitação. Já a motivação será mensurada pelo Intrinsic Motivation Inventory (IMI), com foco nas subescalas de interesse e diversão, permitindo investigar o envolvimento intrínseco gerado pelo jogo;

d) resultados secundários esperados: A retenção de conhecimento será investigada por meio de um teste aplicado de 2 a 4 semanas após a intervenção, possibilitando verificar a permanência do aprendizado. Já o engajamento será analisado a partir de métricas internas do jogo, como tempo médio de uso e quantidade de missões concluídas, indicadores que refletem a adesão dos estudantes à proposta;

e) ameaças à validade: Serão reconhecidas possíveis limitações do estudo, como viés de seleção (perfil dos alunos participantes), efeito novidade (motivação inicial por se tratar de uma ferramenta diferente) e a influência do professor mediador durante a aplicação. Essas questões serão discutidas na análise final para contextualizar os resultados esperados.

Com base na fundamentação teórica e na proposta do jogo, espera-se que o OSIverso apresente potencial para melhorar a compreensão do Modelo OSI, aumentar o engajamento dos estudantes e favorecer a retenção do conhecimento em uma aplicação futura.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho apresentou o *OSIverso*, um jogo educativo em 2D que utiliza a gamificação como estratégia para o ensino do Modelo OSI em cursos de Redes de Computadores. A proposta busca superar as dificuldades do ensino tradicional, marcado pelo caráter abstrato e teórico do modelo, por meio de representações visuais e interativas que permitem ao estudante vivenciar os conceitos de cada camada em desafios práticos.

Os resultados esperados, definidos a partir de métricas validadas de usabilidade, motivação e desempenho, indicam que o *OSIverso* possui potencial para aumentar o engajamento e favorecer a assimilação e a retenção de conteúdos, hipótese a ser verificada em aplicações futuras. Ressalta-se que o *OSIverso* não substitui metodologias tradicionais, mas as complementa, configurando-se como recurso inovador de apoio pedagógico.

Como perspectivas futuras, propõe-se ampliar a aplicação do jogo em contextos educacionais reais, com amostras maiores e mais diversificadas, expandir o conteúdo abordado, incluindo modelos complementares como o TCP/IP, e integrar mecanismos de inteligência artificial adaptativa para personalizar a experiência de aprendizagem de acordo com o desempenho do jogador.

Como principal limitação deste trabalho, destaca-se que o *OSIverso* foi desenvolvido apenas em nível de proposta e design conceitual, não tendo sido implementado nem aplicado em ambiente educacional real. Dessa forma, não houve coleta de dados empíricos com estudantes, e as análises apresentadas baseiam-se exclusivamente na fundamentação teórica e na modelagem do jogo.

Como trabalhos futuros, recomenda-se a implementação de um protótipo funcional do *OSIverso* e sua aplicação em turmas de Redes de Computadores, de modo a possibilitar a realização dos testes de usabilidade, motivação e aprendizagem propostos neste estudo. A partir dessa aplicação, será possível validar empiricamente a eficácia pedagógica do jogo e aprimorar seus mecanismos de gamificação.

Os resultados esperados, definidos por métricas de usabilidade, motivação e desempenho, indicam que o *OSIverso* possui potencial para aumentar o engajamento e favorecer a aprendizagem.

## REFERÊNCIAS

- AUSUBEL, D. P. **Aquisição e retenção de conhecimentos**: uma perspectiva cognitiva. Lisboa: Plátano, 2003.
- BARROWS, H. S. Problem-based learning in medicine and beyond: a brief overview. **New Directions for Teaching and Learning**, v. 1996, n. 68, p. 3-12, 1996.
- CSIKSZENTMIHALYI, Mihaly. **Flow**: The Psychology of Optimal Experience. New York: Harper & Row, 1990.
- DECI, E. L.; RYAN, R. M. **Intrinsic Motivation and Self-Determination in Human Behavior**. New York: Plenum Press, 1985.
- DICHEVA, D.; DICHEV, C.; AGRE, G.; ANGELOVA, G. Gamification in education: A systematic mapping study. **Educational Technology & Society**, v. 18, n. 3, p. 75-88, 2015.
- FOROUZAN, B. A. **Comunicação de dados e redes de computadores**. 4. ed. Porto Alegre: McGraw-Hill, 2008.
- GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2017.
- HAMARI, J.; KOIVISTO, J.; SARSA, K. Does gamification work? A literature review of empirical studies on gamification. **International Journal of Human-Computer Studies**, v. 98, p. 236-267, 2016.
- HUNICKE, Robin; LEBLANC, Marc; ZUBEK, Robert. MDA: A Formal Approach to Game Design and Game Research. In: **Proceedings of the AAAI Workshop on Challenges in Game AI**. Menlo Park: AAAI Press, 2004.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO/IEC 7498-1**: Information processing systems — Open Systems Interconnection — Basic Reference Model: The Basic Model. Geneva: ISO, 1994.
- KAPP, K. M. **The gamification of learning and instruction**. Hoboken: John Wiley & Sons, 2012.
- KUROSE, J. F.; ROSS, K. W. **Redes de computadores e a internet**: uma abordagem top-down. 7. ed. São Paulo: Pearson, 2017.
- LAVE, J.; WENGER, E. **Situated learning**: legitimate peripheral participation. Cambridge: Cambridge University Press, 1991.
- MELO, T. V. C. **Um modelo para especificar jogos educativos**. 2011. 119 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Sistemas de Informação) Campus Quixadá, Universidade Federal do Ceará, Quixadá, 2011. Disponível em: [https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/25272/1/2011\\_tcc\\_tvcmelo.pdf](https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/25272/1/2011_tcc_tvcmelo.pdf). Acesso em: 24 ago. 2025.
- MOREIRA, M. A.; MASETTO, M. T. **Metodologia do ensino superior**: enfoques

alternativos. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2001.

PAPERT, S. **A máquina das crianças**: repensando a escola na era da informática. Porto Alegre: Artes Médicas, 1994.

PIAGET, J. **Para onde vai a educação?** Rio de Janeiro: José Olympio, 1973.

PRINSLOO, P.; SLUYS, M.; SINGH, S. B. Learning Analytics in Open and Distance Learning: A Systematic Literature Review. **British Journal of Educational Technology**, v. 51, n. 5, p. 1418–1432, 2020.

RAYMOND, E.; LEONARD, R. **The Cathedral and the Bazaar**: Musings on Linux and Open Source by an Accidental Revolutionary. 2. ed. Sebastopol: O'Reilly Media, 2022.

SHAFFER, D. W. **How Computer Games Help Children Learn**. New York: Palgrave Macmillan, 2006.

SILVA, E. J. L.; FONSECA, R. C. S. **Gamificação aplicada ao ensino de redes de computadores**. 2024. Disponível em: <https://memoria.ifrn.edu.br/handle/1044/2774>. Acesso em: 24 ago. 2025.

TANENBAUM, A. S.; WETHERALL, D. J. **Redes de computadores**. 5. ed. São Paulo: Pearson, 2011.

WERBACH, K.; HUNTER, D. **For the Win**: how game thinking can revolutionize your business. Philadelphia: Wharton Digital Press, 2012.