

AmongNET Game: Um relato de experiência do uso da Virtualidade e da Realidade Aumentada no Ensino Remoto Emergencial de Redes de Computadores

Erivan Lima, Ricardo Rodrigues Pereira
{erivan,rodriper}@alu.ufc.br
Sistemas e Mídias Digitais
Universidade Federal do Ceará

Windson Viana
windson@virtual.ufc.br
Instituto UFC Virtual
Universidade Federal do Ceará

RESUMO

A Aprendizagem Baseada em Jogos já demonstrou suas virtudes e desafios na educação em Computação em diversas disciplinas. Os jogos têm o potencial de reforçar a construção do conhecimento, aumentar o engajamento e auxiliar na melhoria das habilidades dos estudantes, como a resolução de problemas, colaboração e comunicação, sendo essas duas últimas habilidades mais difíceis de serem desenvolvidas no modelo de Ensino Remoto Emergencial (ERE) presente nos últimos dois anos. Neste artigo, apresenta-se um relato do desenvolvimento e da avaliação do AmongNET Game. Um jogo que combina um ambiente virtual imersivo com um aplicativo móvel de Realidade Aumentada. O objetivo do jogo é promover a aprendizagem, a diversão e a colaboração na aprendizagem de Redes de Computadores. O jogo foi avaliado em uma disciplina de graduação com a participação de 20 alunos. Após a aplicação do questionário do modelo MEEGA+, respondido por 18 participantes, os resultados indicaram boa aceitação dos alunos quanto aos aspectos educacionais do jogo; à imersão e diversão proporcionada; e, à interação e colaboração com os colegas.

PALAVRAS-CHAVE

Jogos, Ensino de Redes, Realidade Aumentada

1 INTRODUÇÃO

A maioria dos cursos da área de tecnologia (e.g., Ciência da Computação, Sistemas de Informação e Engenharia da Computação) inclui o conteúdo de Redes de Computadores em uma ou duas disciplinas. Essa área da Computação é fundamental para o entendimento da internet, seus sistemas distribuídos associados, além de proporcionar conhecimento dos protocolos de comunicação e do funcionamento dos diversos tipos de rede [20][6]. Contudo, o conteúdo da disciplina é extenso, pois engloba desde aspectos de teoria da informação, passando por técnicas de modulação de sinal, por tecnologias de transmissão, até os conhecimentos do funcionamento dos protocolos de comunicação, das camadas do modelo OSI e da arquitetura TCP/IP. O grande volume do conteúdo é um desafio para o processo

de ensino e aprendizagem da disciplina [13][20][6]. Outra dificuldade, como bem apontou Cantú [2], é a priorização de conteúdo teórico no ensino de Redes de Computadores em que os currículos dos cursos em sua maioria são fortemente baseados na transmissão de um conjunto clássico de conhecimentos aos alunos (e.g., funcionamento das camadas, teoria da transmissão, funcionamento dos protocolos de enlace, rede e transporte), sendo o foco principal centrado no conteúdo e na exposição, tornando os alunos passivos nesse processo de ensino e aprendizagem. Prvan and OžEGOVIĆ [20] ressaltam que o conteúdo de Redes precisa ser vivenciado para tornar a aprendizagem mais efetiva.

Em seu levantamento da literatura, esses autores reportaram dificuldades dos estudantes no entendimento de protocolos de comunicação, aspectos de segurança da informação, de arquiteturas e das próprias práticas oferecidas pelos professores de Redes de Computadores [20]. Os autores também descreveram soluções metodológicas e práticas pedagógicas mais recorrentes para mitigar o volume do conteúdo e oferecer vivências para os estudantes. Professores costumam, por exemplo, utilizar simuladores (e.g., Cisco Packet Tracer¹) e ferramentas de análise de tráfego (e.g., Wireshark²) para inserir elementos práticos na disciplina, com o intuito de adicionar formatos de instrução mais envolventes que facilitam a motivação e a interação [6, 13, 20]. Em uma busca não sistemática, encontrou-se cinco pesquisas que também experimentam a inserção de jogos e atividades gamificadas no ensino de Redes, em especial, com foco em protocolos de comunicação [17] e segurança [6, 8, 12, 21]. Essas iniciativas seguem uma tendência percebida nos últimos anos com o uso de jogos (digitais e analógicos) e atividades gamificadas como uma estratégia educacional inovadora, a fim de alcançar o aprendizado de forma mais eficaz na educação em Computação [6, 19]. Essas iniciativas se inserem no contexto da Aprendizagem Baseada em Jogos, do inglês *GBL- Game Based Learning* [4]. No caso dos jogos digitais, em particular, o objetivo é se beneficiar da imersão dos estudantes em um ambiente com forte *feedback* audiovisual para ensinar conceitos específicos ou para fortalecer competências. Esses jogos podem ser tanto competitivos como cooperativos, sempre visando atingir um objetivo educacional [19].

A experiência relatada neste trabalho segue essa tendência do uso de jogos para o ensino de Redes de Computadores. O artigo descreve a adaptação e a avaliação de um jogo educacional, chamado de AmongNET Game. Este jogo digital é inspirado em um jogo baseado em localização [3] que foi refeito para o contexto do Ensino Remoto Emergencial [9] de Redes de Computadores. O jogo trabalha com a

Fica permitido ao(s) autor(es) ou a terceiros a reprodução ou distribuição, em parte ou no todo, do material extraído dessa obra, de forma verbatim, adaptada ou remixada, bem como a criação ou produção a partir do conteúdo dessa obra, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos os devidos créditos à criação original, sob os termos da licença CC BY-NC 4.0.

EduComp'22, Abril 24-29, 2022, Feira de Santana, Bahia, Brasil (On-line)

© 2022 Copyright mantido pelo(s) autor(es). Direitos de publicação licenciados à Sociedade Brasileira de Computação (SBC).

¹<https://www.netacad.com/pt-br/courses/packet-tracer>

²<https://www.wireshark.org/>

revisão dos conteúdos sobre as camadas e principais protocolos do modelo TCP/IP (e.g., HTTP, DNS, TCP, IPV6).

Como inovação, o jogo AmongNET integra elementos de virtualidade ao prover um mundo 3D no qual os alunos percorrem uma estação espacial em busca de pistas para resolver um enigma que permitirá ligar os motores da estação. As pistas são reveladas com o uso de um aplicativo de Realidade Aumentada na qual marcadores encontrados no mundo virtual são associados a mídias (e.g., vídeos) que revelam as pistas. O jogo é uma competição em equipes que devem usar as pistas e seus conhecimentos sobre protocolos de transporte, endereçamento de rede e protocolos da camada de aplicação para solucionar o enigma.

No relato, é descrita uma avaliação do jogo AmongNET em uma turma de graduação na qual 20 alunos participaram da experiência. Os resultados indicaram boa aceitação dos estudantes quanto aos aspectos educacionais do jogo; à imersão e diversão proporcionada; e, à interação e colaboração com os colegas. Espera-se que este relato de experiência possa estimular professores de Redes de Computadores a introduzir práticas lúdicas em suas disciplinas, assim como instigar pesquisadores de Educação em Computação a estudar os impactos do uso de jogos no ensino superior. Um vídeo do uso do ambiente imersivo e do aplicativo de Realidade Aumentada está disponível no Youtube³.

Além desta seção de introdução, o presente trabalho está organizado da seguinte maneira: a segunda seção apresenta a fundamentação teórica desta pesquisa, a terceira seção descreve o jogo desenvolvido neste trabalho, a quarta seção descreve a metodologia utilizada para o desenvolvimento, na quinta seção é descrito o relato de experiência, na sexta seção são apresentados os resultados e sua discussão, e por fim, na sétima seção conclui o relato apontando possíveis trabalhos futuros.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nesta seção está presente a fundamentação teórica que norteou o presente trabalho, nela serão apresentadas acerca da aprendizagem baseada em jogos, da Realidade Virtual e Realidade Aumentada.

2.1 Aprendizagem Baseada em Jogos

A Aprendizagem Baseada em Jogos é uma metodologia ativa de ensino já consolidada que procura desenvolver e usar jogos, principalmente, visando melhorar a aprendizagem a partir do aumento do nível de engajamento dos estudantes. A GBL encontra suas raízes na teoria construtivista de educação [4], e já foi usada nos diversos níveis de educação, seja em séries escolares iniciais ou em disciplinas do ensino superior [4, 16]. Coffey [4], por exemplo, indica que essa metodologia pode ser aplicada no ensino de várias áreas e servir para alunos com níveis distintos de habilidades. Ele destaca que a união entre material educacional e jogos pode ajudar os alunos a melhor se prepararem para a atual sociedade globalizada e tecnológica [4].

Impulsionados pela necessidade de fornecer mais oportunidades práticas para alunos de computação, vários jogos educacionais têm sido desenvolvidos e experimentados [6][8][11][14][17][19][22]. O objetivo é contribuir com o processo de aprendizagem em diferentes áreas do conhecimento da computação, tais como, Programação

[14], Engenharia de Software [22], Arquitetura de Computadores e Redes de Computadores [6][11][17][8]. A maioria desses jogos são digitais e focam em simulações que permitem aos alunos praticar competências por meio da simulação de situações da vida real, mantendo-os engajados na atividade de aprendizagem [19]. Os jogos também são desenvolvidos para ensinar computação com foco em níveis cognitivos inferiores, sendo usados para revisar e reforçar conhecimentos previamente ensinados [3]. Ressalta-se que a GBL envolve o uso de uma variada gama de atividades, desde tarefas muito simples como a resposta de quizzes [8] até o desenvolvimento de intrincadas habilidades de resolução de problemas. O professor deve analisar qual a melhor forma de empregar o método e qual tipo de jogo será levado aos alunos [4].

Por exemplo, no ensino de Redes de Computadores, pode-se destacar o Cyberspace Odyssey (CSO) [6], um jogo sério projetado para explorar o aumento do engajamento dos estudantes na aprendizagem do tópico de segurança de redes. Com ele, os alunos aprendem e praticam noções de Redes de Computadores no contexto de um jogo *multiplayer* que integra componentes do mundo real com um ambiente virtual 3D. No ambiente do jogo, os alunos competem em equipe e tem que capturar, decodificar e transmitir tráfego UDP.

Outros exemplos são os jogos de caça ao tesouro propostos em [11] e [3]. Em ambos os jogos, os alunos devem coletar pistas e usar seus conhecimentos adquiridos na disciplina de Redes para a resolução de problemas associados à arquitetura TCP/IP. Em alguns casos, os jogos são combinados com competição [8] [11] [3][6], na qual as equipes dos alunos são confrontadas com a intenção de derrotar umas às outras ou impelidas a competir para completar o desafio proposto no menor intervalo de tempo. A competição é apontada como um estimulante inicial para as atividades educacionais. No entanto, pode acarretar desestímulo para os alunos com menor habilidade por exigir um conhecimento prévio para competição [20]. O balanceamento das equipes pode ser uma medida para mitigar tal desestímulo.

Embora os artigos mencionem a efetividade do uso de jogos no ensino de Redes de Computadores, eles também reportaram algumas dificuldades para os professores [20]. Uma das razões reportadas é a perda de controle do tempo de duração da atividade, ao contrário das aulas tradicionais, que seriam mais simples de serem planejadas. O uso da GBL também implica mais esforço para o professor na preparação da aula e do *setup* de configuração para a execução do jogo. Alguns jogos necessitam de pré-instalação nos dispositivos dos alunos, ou nos laboratórios da universidade. Podem também exigir um tempo de explicação sobre as mecânicas envolvidas no jogo [3, 6].

Neste relato, realizações de experiências anteriores com o uso de jogos e práticas lúdicas no ensino de Redes [3, 13] foram fundamentais para reduzir essas dificuldades.

2.2 Realidade Virtual e Realidade Aumentada

A Realidade Aumentada sobrepõe ou insere elementos virtuais no mundo real do usuário [1][10]. Por exemplo, a RA em *smartphones* usa imagens do mundo real capturadas pela câmera do dispositivo. O software do *smartphone* sobrepõe objetos virtuais em pontos específicos da imagem capturada pela câmera. O software pode simultaneamente fornecer interações e conteúdo de mídia (e.g.,

³<https://www.youtube.com/watch?v=ih2mZIt1SMw>

texto, imagens, animações 3D). A RA difere da Realidade Virtual (RV) visto que o usuário não está imerso em um ambiente virtual, que em soluções de RV pode ser muito diferente do ambiente atual do usuário [1][10].

Na última década, com a popularidade dos *smartphones* e seu aumento de poder computacional, a RA passou a também ser considerada em pesquisas educacionais. Pesquisadores apontam que a RA tem potenciais usos em ciência, tecnologia, matemática e aprendizagem de línguas [1][10][5][7]. Por exemplo, estudos secundários [1][10] encontraram benefícios educacionais ao usar RA, como aumento do interesse do aluno, mudança em sua atitude, melhorias na participação ativa e colaboração em sala de aula além da promoção da autoaprendizagem.

Algumas iniciativas de uso da RA já foram desenvolvidas para o ensino de Redes de Computadores. Pode-se citar, por exemplo, o uso de RA no ensino do tópico de topologia de redes e arquitetura em camadas proposto por [7]. A solução, chamada de SIMNET, usava RA e gamificação para propor exercícios relacionados aos temas supracitados. Para tal, um simulador foi programado na plataforma Android usando a API Vuforia⁴.

Em uma pesquisa anterior [3], também se usou RA para exibir as pistas para resolução de um enigma a partir do escaneamento de marcadores que estavam distribuídos fisicamente no prédio didático do curso de Sistemas e Mídias Digitais da Universidade Federal do Ceará. Os estudantes usaram navegadores de RA como o Aurasma, HP Reveal e o Blippar para escanear as pistas. Estes aplicativos faziam a associação entre os marcadores e as mídias sem a necessidade de programação de um aplicativo de RA específico. Ao escanear esses marcadores, o aplicativo dava dicas aos alunos em formato de imagens, textos ou vídeos que os permitia desvendar o enigma do jogo. Foi a pandemia de COVID-19 e a impossibilidade de jogar no prédio didático que estimulou o desenvolvimento do jogo AmongNET reportado neste artigo.

3 AMONGNET GAME

AmongNET Game é um jogo desenvolvido para a revisão de conteúdos apresentados durante a disciplina de Redes de Computadores do curso de Sistemas e Mídias Digitais da Universidade Federal do Ceará, elaborado com o objetivo de promover a diversão e a cooperação no Ensino Remoto Emergencial. O jogo é composto por duas partes principais: um ambiente virtual imersivo com gráficos em 3D desenvolvido para plataformas web e um aplicativo *mobile*, desenvolvido nesse trabalho apenas para dispositivos Android, que permite o uso de Realidade Aumentada para escanear imagens de marcadores presentes no ambiente 3D. No caso do ambiente virtual, fez-se uso do *framework A-frame*⁵, que permitiu um ágil desenvolvimento do ambiente 3D, além de possibilitar a criação de uma experiência *multiplayer*. A Figura 1 mostra uma visão que um jogador tem no ambiente virtual imersivo.

A proposta do jogo teve como inspiração o enigma de Einstein⁶, sendo ele um jogo lógico que parte da ideia de haver 5 casas e 5 moradores. A proposta do enigma de Einstein é que o jogador descubra onde cada morador mora. Para tal, restrições são impostas,

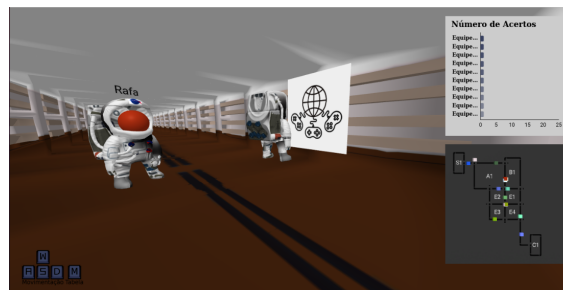


Figura 1: Visão do ambiente virtual imersivo

como, por exemplo, cada casa tem somente um morador que é seu dono. Cada casa tem sua cor e cada morador tem sua nacionalidade, seu tipo de bebida, seu tipo de carro e seu animal de estimação. No enigma, nenhuma casa tem a mesma cor. Além disso, não existem moradores com a mesma nacionalidade, ou mesmo tipo de bebida, ou mesmo tipo de carro ou animal de estimação. Para ter sucesso no enigma, o jogador deve descobrir onde cada morador mora, cor da sua casa, sua nacionalidade, tipo de bebida, tipo de carro e o seu animal de estimação, a partir de 15 dicas dadas pelo jogo.

A partir disso, adaptações foram realizadas no enigma para que abrangessem os conteúdos presentes na disciplina de Redes de Computadores, substituindo as cores, nacionalidades, tipos de bebidas, tipos de carros e animais de estimação, por tipos de tecnologias de enlace, endereços IPs, tipos de protocolos da camada de transporte, servidores de aplicação e “outros serviços”, respectivamente.

O jogo desenvolvido neste trabalho deve ser disputado em equipes, comportando no máximo 10 equipes de no máximo 4 alunos. O jogo tem características de assimetria, o que significa que o jogo pode propiciar diferentes experiências, uma vez que conta com papéis distintos entre os membros das equipes (e.g., caçador de pistas, resolvidor de enigmas). Os alunos pertencentes à mesma equipe devem cooperar entre si na resolução de uma tabela, ao mesmo tempo que competem contra as demais equipes, com o objetivo de verificar quem resolve o enigma mais rápido.

3.1 Narrativa

Para aumentar a imersão e envolvimento dos jogadores, foi desenvolvida uma narrativa para o AmongNET, sendo ela criada a partir da ideia de que os jogadores estariam dentro de uma estação espacial terráquea. A estação conta com cinco computadores centrais enfileirados, remanescentes do período em que a internet com a pilha TCP/IP era o padrão, e que estão com problemas.

Os jogadores dentro do papel de astronautas têm como objetivo consertar esses computadores por meio do ajuste das configurações dessas máquinas com suas respectivas características. Ou seja, os estudantes devem estabelecer as características referentes aos tipos de tecnologias de enlace, endereços IPs, camadas de transporte, servidores de aplicação e “outros serviços” dos cinco computadores. Após configurarem todas as máquinas, a estação poderá voltar ao seu trajeto. Para eles conseguirem configurar corretamente os computadores, é necessário que usem um “aparelho escaneador” que permite obter dicas acerca dessas configurações, no caso, os seus próprios *smartphones* do mundo real (vide Figura 2).

⁴<https://developer.vuforia.com>

⁵<https://aframe.io>

⁶<https://rachacuca.com.br/logica/problemas/teste-de-einstein>

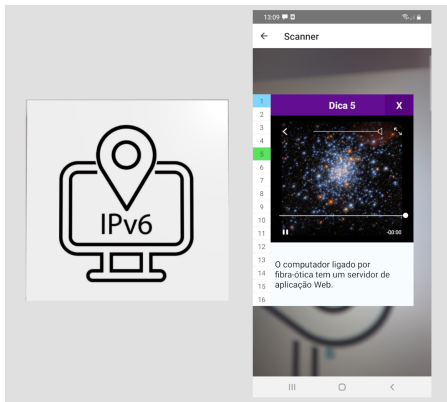


Figura 2: Marcador e Dica

Essa narrativa foi explorada durante o desenvolvimento do ambiente virtual imersivo que, de forma simplificada, passa a experiência de estar dentro de uma grande nave espacial. Além disso, por ser *multiplayer*, possibilita aos estudantes compartilhar o ambiente com outros colegas e vê-los andando na nave com trajes espaciais.



Figura 3: Placar e Mapa

Ainda dentro do ambiente 3D são disponibilizados: um mapa, para que os jogadores se localizem dentro da estação espacial, e um placar das equipes, para que todos possam ver o progresso dos demais. A Figura 3 mostra um detalhamento dessa parte da interface do ambiente imersivo.

3.2 Jogabilidade

Uma vez feita a adaptação do jogo do Einstein para comportar o conteúdo de Redes de Computadores, o jogo passou a possuir 18 dicas. Dessas, duas são fornecidas na descrição do jogo sem a necessidade de encontrá-las dentro do ambiente virtual. Elas constam no documento disponibilizado aos alunos⁷ que explica a dinâmica do jogo, enquanto as demais 16 dicas são obtidas por meio de escaneamento de marcadores distribuídos dentro do ambiente virtual imersivo.

Inicialmente, como mencionado anteriormente, os jogadores são divididos em equipes, compostas de no máximo 4 membros. Para

que ocorra antecipadamente a divisão das equipes é disponibilizada uma planilha alguns dias antes da aula em que ocorrerá a atividade. Dessa forma, espera-se que os alunos se inscrevam, montem suas equipes por meio dessa planilha, e em paralelo a isso possam fazer o download do aplicativo móvel antes do “dia do jogo”. Esse aplicativo permite escanear marcadores em formato de imagens que aparecem no ambiente 3D e são os gatilhos da ativação da Realidade Aumentada (vide Figura 2). Já com as equipes formadas e aplicativos instalados, os jogadores podem ser direcionados para o ambiente 3D. Após a ambientação, eles são liberados para procurar dentro do ambiente virtual os marcadores de Realidade Aumentada. Uma vez encontrados, os estudantes devem utilizar seus dispositivos *mobile* para escanear esses marcadores, o que os permitirá obter as dicas por meio de imagens ou vídeos projetados sobre os marcadores. Dentro do aplicativo *mobile* é possível rever as dicas já coletadas. As dicas apresentadas dentro do aplicativo seguem um *template* definido, composto de título (número da dica), vídeo e descrição, o que permite aos alunos ler a dica ao invés de rever o vídeo.

No ambiente, os jogadores têm acesso a uma tabela que devem preencher com as dicas coletadas e executar a resolução do enigma. Essa tabela também é disponibilizada fora do ambiente imersivo para permitir a edição mais rápida ou que membros que não estejam no ambiente virtual possam focar apenas na resolução do enigma. Essa assimetria pode ser vantajosa para a equipe, já que o enigma exige, além das pistas, conhecimento em Redes de Computadores e raciocínio lógico. A Figura 4 exibe um exemplo de tabela preenchida pelos alunos ao longo da utilização do jogo. O jogo finaliza quando a equipe termina de preencher corretamente a tabela.

3.3 Tópicos de Redes de Computadores

O AmongNET requer dos jogadores, além da capacidade de coletar as pistas, que usem seus conhecimentos sobre protocolos de transporte, endereçamento de rede e protocolos da camada de aplicação para solucionar o enigma. Isto inclui, por exemplo, saber como começam os endereços IPv6 ou IPv4 de link local; entender as diferenças entre as versões do TCP (Tahoe, Reno, Vegas); saber quais protocolos de transporte são confiáveis ou não (e.g., rUDP, TCP, UDP); e, por fim, entender o básico do funcionamento do DNS, BitTorrent e do HTTP.

São os conhecimentos sobre esses tópicos que permitem aos alunos mapear a informação dada em uma dica para a tecnologia ou protocolo que eles devem posicionar na pilha de protocolos dos computadores. Um exemplo de dica neste modelo é a seguinte: “O último computador da fila, cuja implementação do TCP possui recuperação rápida, tem como outro serviço um Tracker de uma rede P2P”. No caso desta dica, o aluno deve entender que o último computador da fila tem o BitTorrent e o TCP Reno ativados em sua pilha TCP/IP.

4 METODOLOGIA

A realização do presente trabalho pode ser dividida em 4 etapas principais, sendo elas: o desenvolvimento do ambiente 3D, o desenvolvimento do aplicativo *mobile*, a elaboração do formulário avaliativo e a aplicação do jogo. Para maiores detalhes dos códigos e sua replicação, os repositórios tanto do ambiente 3D como do aplicativo *mobile* estão disponíveis no GitLab⁸.

⁷Roteiro do jogo em <https://tinyurl.com/39cn9v37>

⁸<https://gitlab.com/netaura>

Equipe 1					
	Comp I	Comp II	Comp III	Comp IV	Comp V
Tecnologia de enlace	Wi-Fi	SATÉLITE	ETHERNET	LI-FI	FTTH
Endereço IP	2001:db8:85a3:0:0:8a2e:370:7	200.129.43.193	192.168.0.3	200.156.23.43	fe80::31:68d4:32bc:2677
Camada de transporte	TCP (Vegas)	TCP (Tahoe)	rUDP	UDP	TCP (Reno)
Servidor de Aplicação	DNS	SMTP	Servidor de Counter Strike	Servidor de Streaming	HTTP
Outros Serviços	NAT	TOR	SSH	DHCP	BitTorrent

Use esses espaços abaixo para anotação sobre as pistas para seus companheiros.

o ultimo computador da fila, cuja implementação do tcp possui recuperação rápida tem como outro serviço um tracker de uma rede p2p	o computador ligado por uma fibra optica tem um servidor de aplicação web = FHTTP E HTTP	o primeiro pc está conectado sem fio pelo padrão IEEE 802.11n	o computador com o ip de numero IP_1 possui um servidor de streaming de audio	o pc ligado com um enlace com maior atraso de propagação tem habilitado como outro serviço um relay router do tor = SATELITE E TOR
o computador do ip_1 está localizado do lado esquerdo do comp cujo ipv6 é de uma rede local	o ultimo pc da fila tem endereço de ipv6	o comp com o IP_5 suporta protocolo de transporte tcp vegas	o pc com servidor smtp esta a direita do wifi	o pc ligado com lifi tem um servidor de aplicação que utiliza um protocolo de transp não confiável = LI-FI E UDP
o pc cuja aplicação principal utiliza rudp tem como outro serviço instalado ssh	o computador nat opera na primeira posição da fila de pc	o pc que utiliza tcp tahoe fica a direita do pc com um nome de autoridade		

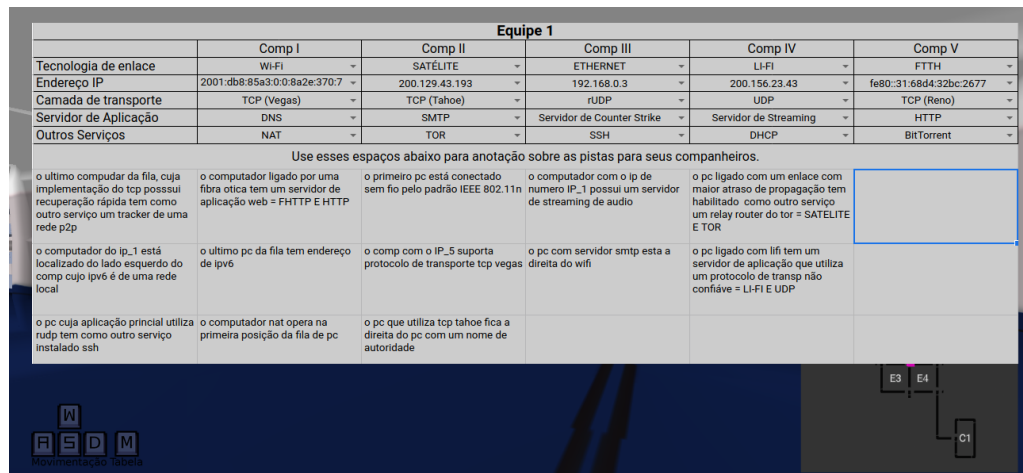


Figura 4: Tabela de respostas sendo visualizada dentro do ambiente imersivo.

4.1 Desenvolvimento do ambiente 3D

O modelo tridimensional criado para o ambiente 3D foi elaborado utilizando-se do software Blender⁹. Para facilitar a localização dos jogadores dentro do ambiente 3D, o ambiente foi dividido em setores, onde cada setor tinha uma cor correspondente, dessa forma o jogador poderia saber se passou ou não por aquele local.

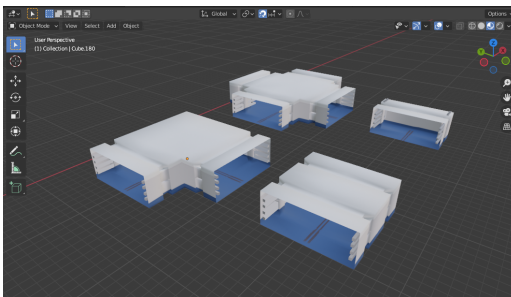


Figura 5: Módulos de construção do cenário

Ainda no software Blender, foram adicionados planos com as imagens correspondentes aos marcadores. Foram inseridos também modelos 3D da antiga plataforma Google Poly¹⁰ (e.g., plantas, robôs, bonecos). O objetivo era tornar mais lúdica a navegação no ambiente do jogo, além de os objetos 3D servirem como referências espaciais aos jogadores dentro deste ambiente tridimensional.

O ambiente 3D foi exportado no formato *glTF* (*Graphics Language Transmission Format*¹¹), para assim ser importado na plataforma web. Para isso foi usada a biblioteca JavaScript A-frame¹², que é um *framework* web para a construção de experiências de RV em HTML. Embora, o ambiente permita o uso de óculos de RV, ele foi pensado para uso com teclado e mouse.

⁹<https://www.blender.org/>

¹⁰<https://poly.google.com>

¹¹<https://www.khronos.org/glTF/>

¹²<https://aframe.io/>

Para permitir que os jogadores vissem uns aos outros fez-se o uso de um modelo 3D de astronauta disponível de forma gratuita pela licença Creative Commons¹³. A Figura 6 mostra o modelo do astronauta sendo modificado para ser inserido na plataforma. Foi adicionado também o modo *multiplayer* ao ambiente 3D, fazendo-se o uso da biblioteca Networked-Aframe¹⁴, sendo parte executada em um servidor, que funcionou como um servidor *relay server*¹⁵, apenas repassando os dados de localização do personagem de um jogador para outro. Como os personagens com roupa de astronauta ficaram muito parecidos com os personagens do jogo Among Us¹⁶, resolveu-se dar o nome de AmongNET.

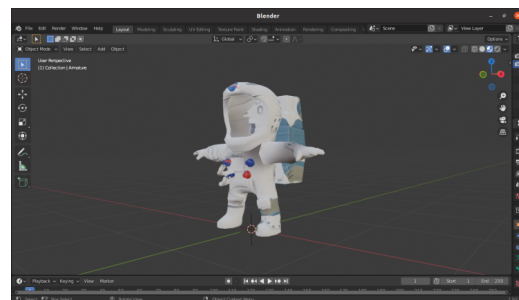


Figura 6: Modelo 3D de um astronauta

Uma vez elaborado o ambiente 3D para a plataforma web, ele foi hospedado usando os serviços dos servidores Heroku¹⁷.

4.2 Desenvolvimento do aplicativo *mobile*

Para o desenvolvimento do aplicativo *mobile*, fez-se o uso da ferramenta *cross-platform* React Native. O aplicativo foi pensando para

¹³<https://sketchfab.com/3d-models/moon-walk-4a6955a4df8449b5af8ef4c3cd9d0e03>

¹⁴<https://github.com/networked-aframe/networked-aframe>

¹⁵Um *relay server* é basicamente um computador que envia e recebe pacotes de rede, ele não processa dados e não executa nenhuma lógica do jogo.

¹⁶<https://www.epicgames.com/store/pt-BR/p/among-us>

¹⁷<https://enigmatic-ocean-95464.herokuapp.com>

cumprir os seguintes requisitos básicos: escanear os marcadores do ambiente 3D; apresentar as dicas após o marcador ser escaneado; permitir que os marcadores já escaneados pudessem ser revistos; e, salvar as dicas para serem revistas a posteriori, mesmo após o aplicativo ser fechado (por exemplo, se o estudante sair do aplicativo sem querer). Para que o aplicativo pudesse escanear os marcadores presentes no ambiente 3D, a biblioteca Viro React¹⁸ foi usada. Ela permite o desenvolvimento de experiências em RA e RV. Com ela, foi possível programar um componente que tenta encontrar marcadores a partir do *stream* da câmera do dispositivo *mobile* e, em seguida, projeta objetos em relação à localização do marcador. Para a apresentação das dicas foi elaborado um tipo de *template* básico que comportaria todas as dicas, sendo o *template* formado por uma mídia (podendo ser propriamente um vídeo, uma animação 3D ou uma imagem estática), a descrição da dica em formato texto e o título dessa dica contendo seu número.

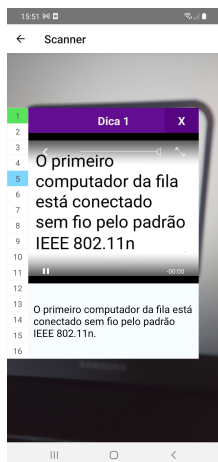


Figura 7: Exemplo de uma dica ativada a partir do marcador

A Figura 7 mostra um exemplo de dica seguindo o *template*. Ressalta-se que apesar do uso do React Native não foi gerada ainda uma versão para iOS por questões de exigência de certificado de desenvolvedor e modelo de distribuição distinto.

4.3 Resolução do Enigma

A resolução do enigma não foi implementada dentro da plataforma imersiva. De maneira complementar foram elaboradas planilhas do Google Spreadsheets, sendo 10 planilhas de respostas, uma para cada equipe. Uma planilha de “administração” que possibilita ao professor acompanhar o progresso das equipes e onde elas estão errando. A planilha de “administração” acrescentou um importante aspecto à experiência, pois com o seu uso, o professor se tornou capaz de saber onde os alunos estavam errando e dessa forma guiá-los na resolução da atividade. A planilha pode ser observada na Figura 8.

O número de acertos de cada equipe apresentado na planilha de administração foi incorporado dentro do ambiente 3D com uma modificação. Para evitar que os alunos tentassem a resolução do

¹⁸<https://github.com/ViroCommunity>

enigma apenas tentando aleatoriamente combinações de respostas, o placar só era alterado a cada dois novos acertos. Esse mecanismo de tentativa e erro foi observado em uma avaliação piloto do jogo, o que permitiu sua mudança antes da experiência de uso aqui relatada.

5 RELATO DE EXPERIÊNCIA

Nesta seção está presente o contexto da disciplina, apresentando o cenário no qual a experiência foi aplicada, também está presente o perfil da turma, o método de avaliação e o procedimento utilizado.

5.1 Contexto da Disciplina

O jogo foi avaliado em uma disciplina com carga horária de 64 horas, sendo esta eletiva na grade curricular dos alunos do curso de Sistemas e Mídias Digitais da Universidade Federal do Ceará. A ementa da disciplina de Redes de Computadores da IES comporta assuntos como introdução às redes de computadores e internet e seus conceitos básicos, camada de aplicação, programação em redes, camadas de inter-redes e transporte, camada de enlace, comunicação, topologias e meios físicos de transmissão em redes e alguns outros conteúdos. O jogo foi aplicado na parte final da disciplina como uma atividade de revisão e cuja participação valia pontos extras na disciplina (as três primeiras equipes a terminar o jogo ganhavam ainda mais pontos).

A aplicação do jogo foi feita em uma aula síncrona durante 2 horas, sendo 15 minutos iniciais destinados a preparação dos últimos detalhes (e.g., formação de equipes atrasadas, explicação dos ambientes e do jogo). O restante do tempo foi destinado para a realização da experiência e do preenchimento do questionário de avaliação. A aula só foi concluída após todas as equipes terminarem a resolução do enigma.

5.2 Perfil da turma

A turma que experimentou o jogo era composta por 24 alunos de graduação do curso de Sistemas e Mídias Digitais. Embora, no dia da experiência, apenas 20 alunos participaram do jogo. Destes, 18 responderam ao questionário de avaliação. Todos os alunos que realizaram esse questionário eram maiores de idade, tendo idade média de 23,89 anos.

5.3 Métodos

Como mencionado anteriormente, após a competição, os participantes deveriam responder a um questionário de avaliação. O método adotado como base do questionário foi o modelo MEEGA+ (A Method For The Evaluation Of Educational Games For Computing Education)[18], que tem sua estrutura dividida em dois fatores de qualidade, sendo elas a experiência do jogador e a usabilidade. O questionário formulado era formado por 38 questões, sendo destas 24 questões de múltipla escolha e 4 questões abertas. Os itens de múltipla escolha usavam a escala Likert e tinham assertivas como “*Eu considero que o jogo é fácil de jogar*” ou “*O conteúdo do jogo é relevante para os meus interesses*”. As questões e as suas respectivas respostas são detalhadas na seção de resultados.

O principal objetivo da aplicação do formulário era adquirir conhecimento para futuras melhorias tanto no ambiente 3D como no aplicativo *mobile*, com o intuito de melhorar a experiência dos alunos. Os respondentes marcavam inicialmente a concordância

Equipe 1						Gabarito					
2	Comp I	Comp II	Comp III	Comp IV	Comp V	17					
3	Tecnologia de enlace	SATELITE	Wi-Fi	ETHERNET	LI-FI	FTTH	0	0	1	1	1
4	Endereço IP	2001:db8:85a3:0:0:8a2e:3	200.129.43.193	192.168.0.3	200.156.23.43	fe80::31:68d4:32bc:2677	1	1	1	1	1
5	Camada de transporte	TCP (Reno)	TCP (Tahoe)	UDP	RUDP	TCP (Vegas)	0	1	0	0	0
6	Servidor de Aplicação	DNS	SMTP	Servidor de Counter Strike	Servidor de Streaming	HTTP	1	1	1	1	1
7	Outros Serviços	TOR	NAT	SSH	DHCP	BitTorrent	0	0	1	1	1
Equipe 2						Gabarito					
10	Comp I	Comp II	Comp III	Comp IV	Comp V	19					
11	Tecnologia de enlace	Wi-Fi	SATÉLITE	ETHERNET	LI-FI	FTTH	1	1	1	1	1
12	Endereço IP	2001:db8:85a3:0:0:8a2e:3	200.129.43.193	192.168.0.3	fe80::31:68d4:32bc:2677	200.156.23.43	1	1	1	0	0
13	Camada de transporte	TCP (Vegas)	TCP (Tahoe)	RUDP	UDP	TCP (Reno)	1	1	1	1	1
14	Servidor de Aplicação	Servidor de Streaming	SMTP	Servidor de Counter Strike	DNS	HTTP	0	1	1	0	1
15	Outros Serviços	NAT	TOR	DHCP	SSH	BitTorrent	1	1	0	0	1

Figura 8: Planilha de “administração” do professor

com um TCLE¹⁹ para indicar que estavam cientes que as respostas ao questionário faziam parte de uma pesquisa na qual eles não eram obrigados a responder e nem se identificar.

Comparado ao roteiro original do MEEGA+, houve omissões como instituição, curso, disciplina e sexo nas perguntas de perfil. Também não foram adicionadas no questionário perguntas referentes à tratativa de erros do jogo já que não tinham sido implementadas por completo. Devido a essas mudanças, não se pode gerar o *Game Quality Scale*, um índice de qualidade proposto no MEEGA+.

Além disso, houve mudanças no texto de algumas questões conforme sugestão do próprio modelo, a saber: “*Com que frequência você costuma jogar jogos não-digitais (de cartas, tabuleiro, etc.)?*” foi mudada para “*Antes de jogar o AmongNet, você já tinha tido alguma experiência com um jogo/aplicação que usasse realidade aumentada?*” bem como a adição da seguinte pergunta aberta: “*O que você achou que o AmongNet contribuiu para a revisão do conteúdo de Redes?*”.

5.4 Procedimento

Para a realização da experiência foram enviados, com três dias de antecedência, a planilha de criação de equipes e um vídeo em formato de tutorial explicando como ocorreria a atividade.

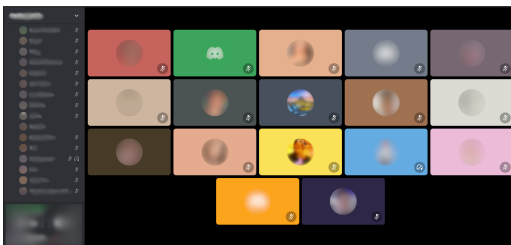


Figura 9: Sala de áudio principal do Discord

No dia da aula síncrona, foi criado um servidor específico do jogo na plataforma Discord²⁰. A comunicação entre os membros das equipes, assim como a comunicação entre os alunos e professor se deu por meio dessa ferramenta que já era usada na disciplina. Dentro do servidor criado, existia uma sala principal de áudio, que serviu como ponto de encontro entre os alunos, monitores e professor. Nela, ocorreu a explicação inicial da atividade e os ajustes finais para início do jogo. Essa sala principal pode ser observada na Figura 9. Existia também uma sala de áudio dedicada para cada equipe registrada e uma sala para o professor e monitores. Nesta última, os alunos poderiam acessar se tivessem alguma dúvida. Por existir uma sala para cada equipe, permitiu-se que os monitores e o professor pudessem transitar virtualmente entre essas salas, tirando as dúvidas e ajudando os alunos sem interferir na experiência das outras equipes.

Além das salas de áudio para cada equipe registrada e da sala de áudio principal, também foi feito o uso de dois canais de texto dentro da ferramenta, um dedicado para tirar dúvidas dos alunos por texto e outro no qual os alunos foram convidados a compartilhar imagens de suas experiências. A Figura 10 mostra as abas desses canais dentro da ferramenta Discord.

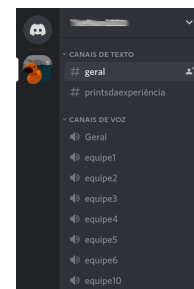


Figura 10: Abas dos canais de áudio e texto do Discord

¹⁹O Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) é um documento para a análise ética de um projeto de pesquisa.

²⁰<https://discord.com/>

Dentro do canal disponibilizado para que os alunos compartilhassem suas experiências, foram registrados aspectos do jogo que eles consideraram interessantes: a presença dos avatares dos colegas, os elementos 3D lúdicos distribuídos no mapa e os marcadores. A Figura 11 exhibe alguns dos *prints* dos objetos que os alunos encontraram e compartilharam. Já a Figura 12 mostra a interação com demais jogadores e a caracterização distinta deles.

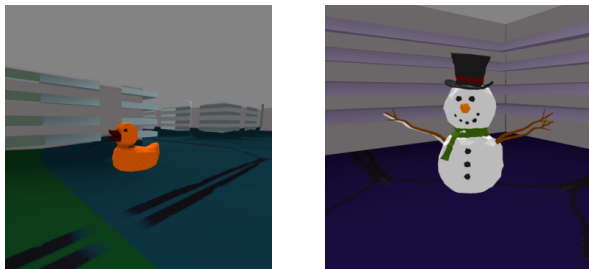


Figura 11: Alguns dos objetos lúdicos do ambiente 3D

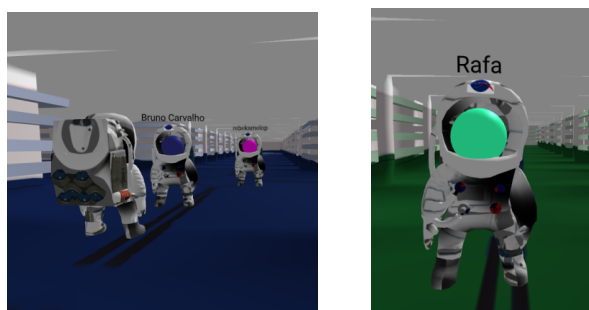


Figura 12: Interação e Caracterização

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta seção serão apresentados o perfil dos estudantes que avaliaram o AmongNet, os resultados da avaliação, algumas respostas às perguntas abertas presentes no questionário, e as limitações e lições aprendidas referentes a realização dessa experiência.

6.1 Perfil dos Estudantes

O grupo de 18 estudantes que respondeu ao questionário é formado majoritariamente por pessoas que costumam jogar frequentemente. Destes, 27% jogam diariamente, 55,6% jogam pelo menos uma vez por semana e 5,6% jogam uma vez por mês. Apenas 11,1% relataram que jogam raramente, enquanto nenhum dos respondentes relata nunca ter jogado. O que já era esperado a priori, visto que o curso que foi aplicado este jogo está muito ligado à área de desenvolvimento de jogos e produtos multimídia interativos. Dessa forma, já era esperado uma boa aceitação por parte desses alunos acerca desse tipo de metodologia, embora o nível de expectativa para a experiência do jogo também aumente neste público.

Em se tratando da frequência em que jogam jogos que façam uso de RA foi visível seu baixo índice, no qual apenas 1 aluno disse jogar jogos deste tipo com frequência. Já 44,6% afirmaram que nunca jogaram jogos que façam uso dessa tecnologia.

6.2 Avaliação do Jogo

No gráfico da Figura 13, é possível observar as perguntas do questionário MEEGA+ e suas respectivas distribuições de respostas referentes aos itens “discordo totalmente”, “discordo parcialmente”, “concordo parcialmente” e “concordo totalmente”. Retirou-se dessa visualização os “indiferentes”, pois acredita-se que para a visualização, levar em consideração apenas os demais mostraria um resultado mais conclusivo. A ordenação das perguntas está de acordo com a frequência das respostas com maior grau de concordância, além de também apresentar um índice que é o valor da proporção das respostas “concordo parcialmente” junto com as respostas “concordo totalmente” dentro do grupo de respostas possíveis.

Dessa forma, é possível observar que as afirmativas “*Completar as tarefas do jogo me deu um sentimento de realização*”, “*É claro para mim como o conteúdo do jogo está relacionado com a disciplina*” e “*Eu prefiro aprender com este jogo do que de outra forma (outro método de ensino)*” obtiveram um índice de 100%. Isto significa que todos os alunos concordaram, em alguma escala, com essa afirmativa. Vale notar que essas duas últimas afirmativas junto com as afirmativas “*O conteúdo do jogo é relevante para os meus interesses*” e “*O jogo é um método de ensino adequado para esta disciplina*”, que obtiveram índice de 94,4%, pertencem à dimensão de “Relevância”. Assim, foi possível observar que essa foi uma das dimensões do questionário melhor aceita pelos alunos.

Acerca da estética, ao perguntar se “*O design do jogo é atraente*” obteve-se um índice 55,6%, sendo o menor índice entre as perguntas. Já ao serem questionados se consideraram que “*Os textos, cores e fontes combinam e são consistentes*” é possível notar um índice maior de aceitação por parte dos respondentes (72,2%). Essas duas afirmativas estavam dentro da dimensão de “Estética”. Pelo índice inferior as demais afirmativas e, por contar com uma quantidade considerável de discordância, é possível considerar como um dos aspectos mais negativos apontados.

As afirmativas pertencentes a dimensão de “Interação social”, sendo elas, “*Eu pude interagir com outras pessoas durante o jogo*”, “*O jogo promove momentos de cooperação e/ou competição entre os jogadores*” e “*Eu me senti bem interagindo com outras pessoas durante o jogo*”, obtiveram índices 94,4%, 94,4% e 83,3% respectivamente. Esse resultado mostra um bom desempenho nesses aspectos e reflete o design do jogo planejado para ser *multiplayer*.

Se tratando da dimensão de “Diversão”, ao serem questionados as afirmativas “*Eu me diverti com o jogo*” e “*Aconteceu alguma situação durante o jogo (elementos do jogo, competição, etc.) que me fez sorrir*”, obtiveram-se índices 88,9% e 94,4% respectivamente, índices que podem ser considerados satisfatórios. Entre alguns fatores que podem ser apontados como responsáveis por esses índices estão os objetos 3D espalhados pelo ambiente imersivo e a própria competição para finalizar primeiro o enigma.

Já acerca da imersão, na dimensão “Atenção focada”, as afirmativas “*Houve algo interessante no início do jogo que capturou minha atenção*”, “*Eu estava tão envolvido no jogo que eu perdi a noção do tempo*” e “*Eu esqueci sobre o ambiente ao meu redor enquanto jogava este jogo*” obtiveram índices 66,7%, 94,4% e 88,9% respectivamente, podendo-se considerar bons índices.

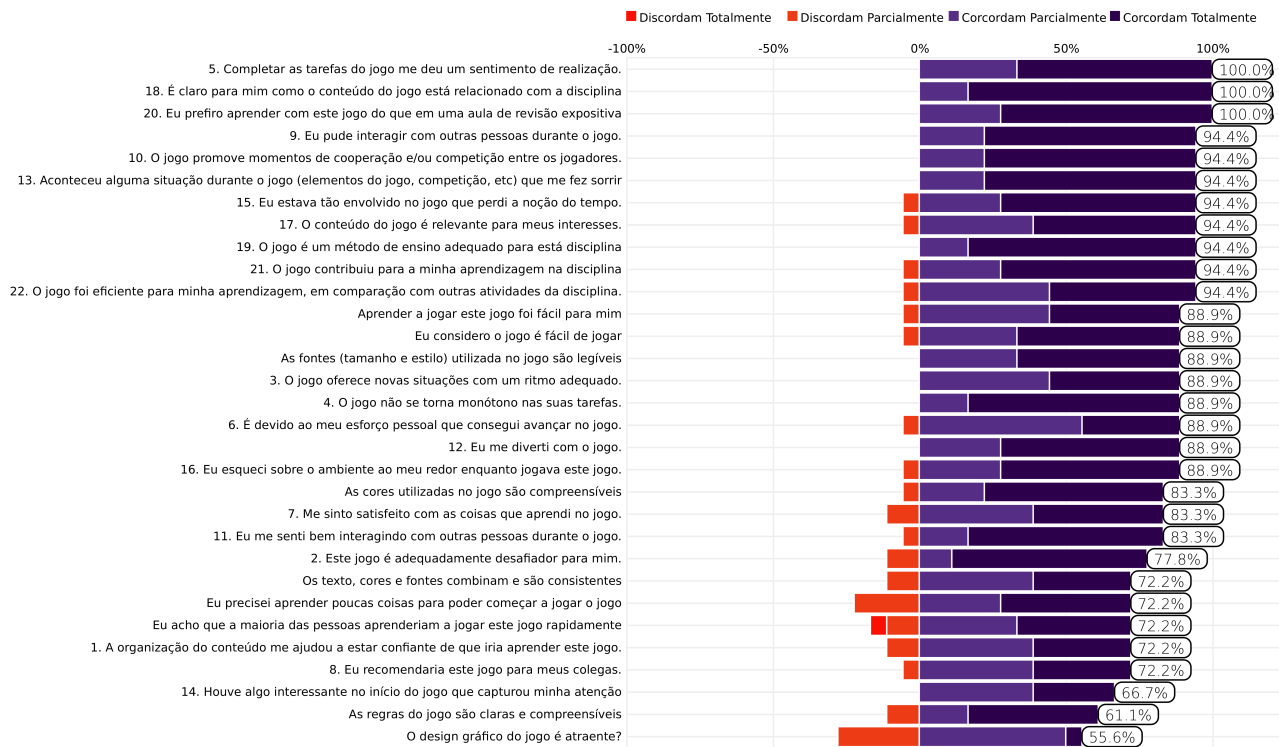


Figura 13: Gráfico das respostas

6.3 Perguntas Abertas

As quatro perguntas abertas abordavam os seguintes aspectos: pontos fortes do jogo, pontos fracos, revisão em relação a matéria de Redes, e comentários adicionais. Dos 18 alunos respondentes, obteve-se as seguintes quantidades de respostas respectivamente: 14, 12, 13 e 16. Para os pontos fortes, os alunos destacaram a interação com os colegas e a competição em suas respostas. Um exemplo de uma frase dos participantes foi “*Elementos divertidos no cenário, questões diferenciadas e interação do jogo com o app*”.

Os principais pontos fracos apontados foram relacionados ao aplicativo de Realidade Aumentada. Alguns alunos não conseguiram baixar o aplicativo por possuir iPhone ou por seu *smartphone* Android não comportar o aplicativo devido a seu tamanho ou versão de SO. Por exemplo, um participante indicou como resposta: “*Eu tenho iPhone e o jogo também não tava rodando direito no meu PC, então fiquei bem dependente no começo dos meus colegas para conseguir me situar*”. Outro ponto fraco apontado foi o fato de o placar não mostrar de imediato se a resposta está certa ou errada.

Sobre a revisão, as respostas indicaram, em sua maioria, que o jogo contribuiu positivamente para revisão mais geral do conteúdo. Um exemplo de resposta foi: “*Foi uma ótima experiência, uma maneira extremamente didática e diferente de revisar o conteúdo*”. Dois alunos apontaram que errando na planilha os fez tentar revisar o que eram aqueles conceitos para poder responder o enigma.

Nos comentários, a maioria indicou a sugestão de criar uma versão para iOS. Outros sugeriram diminuir o tamanho do aplicativo Android. Dois alunos indicaram que o *setup* inicial poderia ser feito

em aula anterior já com testes iniciais no ambiente, pois não tiveram tempo de ver o vídeo tutorial antes da aula síncrona. Como exemplo de resposta aberta tivemos: “*No dia do evento, seria interessante reunir novamente todos para dar as instruções do jogo novamente, por diversas circunstâncias muitos de nós não assistimos o vídeo ou não lemos as recomendações, e ficamos meio perdidos no início*”.

6.4 Limitações e Lições Aprendidas

Nesta subseção serão apresentadas as limitações e lições aprendidas a partir da elaboração e execução do AmongNet.

6.4.1 Setup e ambientação prévia.

Antes da realização da aula síncrona, um teste piloto foi aplicado e foi a partir dele que se resolveu criar um vídeo tutorial e adicionar mais elementos de referência espacial ao ambiente imersivo. Embora alguns problemas tenham sido capturados no teste piloto, foi mesmo na experiência relatada que se encontraram mais problemas de configuração de *smartphones* e navegadores.

Alguns alunos reportaram que em determinados navegadores não foi possível acessar o ambiente 3D de forma adequada. Em um dos casos relatados, a visão do jogador ficou abaixo do local correto, obstruindo parte de sua visão. Como mencionado no questionário, alguns problemas relacionados aos *smartphones* foram frequentes, como a ausência de uma versão para iOS e espaço insuficiente nos aparelhos Android de alguns alunos para a instalação do aplicativo. Alunos também reportaram que estavam desinstalando aplicativos para participar da experiência. Uma solução de mitigação é inquirir

antes da atividade se os navegadores dos alunos são compatíveis com o ambiente 3D. Além disso, a instalação prévia da experiência é desejada para checar se os aparelhos dos alunos são compatíveis com a tecnologia de RA usada no AmongNET.

Outra informação, que pode ser percebida com o uso da aplicação, foi que mesmo com a elaboração de um vídeo explicativo de como funcionaria o jogo, alguns alunos não conseguiram visualizar esse tutorial a tempo antes que a experiência iniciasse. Muitos desses problemas poderiam ter sido minimizados em uma atividade presencial em um “laboratório físico”, na qual os computadores podem ser pré-configurados e *smartphones* serem emprestados, o que nem sempre é possível em um ambiente remoto.

6.4.2 Limitações técnicas do Jogo no ERE.

Entre os aspectos negativos relatados pelos alunos, há um relacionado ao *feedback* do placar. Este apresentava o progresso das equipes e foi dito que não era fácil de ser interpretado. A forma como foi concebido o torneio foi difícil para os alunos saberem se estavam progredindo ou não. Isto se deu pelo fato de que o *feedback* do placar foi alterado com a intenção de evitar que os alunos tirassem vantagem. No teste piloto, foi observado que seria possível prestar atenção no placar e tentar aleatoriamente diversas combinações de respostas ao invés de se dedicar à resolução do enigma. Desta forma, optou-se por somente alterar o placar quando mais de dois itens novos da planilha eram acertados. Assim, se evitava que os alunos tentassem burlar o jogo, mas, ao mesmo tempo gerou esta dificuldade para saberem do seu progresso.

Outro ponto mencionado pelos alunos foi que a fase de coleta das pistas terminava de forma muito rápida. Por ser a parte mais lúdica do jogo, eles sugeriram que fosse explorada também na fase de resolução do enigma. Assim, o jogo acabou por se dividir de forma brusca entre duas etapas: uma etapa de coleta, sendo mais dinâmica e lúdica, e outra de resolução, onde os alunos ficavam apenas de frente a uma tabela buscando solucionar o enigma. Logo, pode ser interessante buscar outras maneiras que possam melhor reunir essas duas etapas. Por exemplo, a partir de um número X de elementos resolvidos uma nova parte do cenário poderia ser liberada com mais pistas para as equipes encontrarem.

6.4.3 Cooperação e Competição.

No Ensino Remoto emergencial (ERE), há uma carência de momentos de interação entre os alunos, muitas vezes se restringindo a aulas síncronas em formatos de reunião, nas quais poucos são os alunos que abrem suas câmeras e interagem [15][23]. O jogo por ser elaborado para ser jogado em equipes permitiu tanto a cooperação como a competição contra os demais participantes já que quem terminava primeiro ganhava mais pontos extras.

O uso da ferramenta Discord foi fundamental para o processo de comunicação entre alunos, monitores e o professor. Também permitiu que as equipes criassem estratégias, discutissem a resolução da tabela do enigma e compartilhassem suas experiências.

6.4.4 Monitoramento do progresso.

Um aspecto importante do jogo é o fato dele conter uma “interface de administração” que permite acompanhar o progresso de cada equipe. Assim, o professor e os monitores puderam intervir nas salas de áudio do Discord quando percebiam que uma equipe não estava conseguindo progredir adequadamente.

Esse aspecto de acompanhamento do progresso remete a algo comum no ambiente presencial em sala de aula, onde o professor e monitores percorrem a sala de equipe em equipe tirando as dúvidas. Entretanto, diferente de como era feito anteriormente em sala de aula, a forma como foi abordado no jogo AmongNET acrescentou um fator de automatização. Na versão anterior [3], o professor precisava verificar a resolução de cada equipe visualmente para saber se haviam concluído ou não o desafio. Agora, no AmongNET, essa verificação é feita por meio de uma função própria das planilhas.

7 CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS

O presente trabalho apresentou um relato do desenvolvimento e da avaliação do AmongNET Game. O jogo desenvolvido teve como objetivo promover a aprendizagem, a diversão e a colaboração no ERE de Redes de Computadores. Uma demonstração em vídeo de como funciona o ambiente imersivo e o aplicativo de RA está disponível no Youtube²¹. Os repositórios de códigos tanto do ambiente 3D como do aplicativo *mobile* estão disponíveis no GitLab²².

Após seu desenvolvimento, o jogo foi avaliado em uma disciplina de graduação na qual 20 alunos participaram da experiência. Com as respostas obtidas por meio da aplicação de um questionário baseado no modelo MEEGA+, obteve-se uma boa aceitação geral quanto aos aspectos educacionais, de imersão e de diversão proporcionada. Além disso, os alunos reportaram que o jogo promoveu a interação e a colaboração entre os colegas da turma. Entre as desvantagens apontadas pelos participantes estão alguns aspectos visuais do jogo, dificuldade inicial em aprender seu funcionamento e o fato do aplicativo ser executado apenas em dispositivos Android.

Desta forma, o jogo se mostrou um material adequado para a revisão de Redes Computadores e permitiu uma experiência interativa e lúdica mesmo no ambiente remoto. Algumas limitações e lições ficam como aprendizado para futuras versões, como os problemas que ocorreram em determinados navegadores e dispositivos móveis e a necessidade de ajustes na jogabilidade.

Em termos gerais, conclui-se que o jogo cumpriu com o esperado e trouxe uma experiência similar a anterior lúdica realizada no ambiente físico universitário [3]. Para tal, exigiu o estudo e a adaptação de diversas tecnologias como a RA e o desenvolvimento para plataformas web. Vale ressaltar que as sentenças usadas para revisão do conteúdo de Redes podem ser modificadas para abordar outros assuntos da disciplina além dos contemplados nesta versão.

Em trabalhos futuros, planeja-se aprimorar tanto o aplicativo *mobile* como o ambiente 3D. O aplicativo *mobile* ao final desse presente trabalho não foi disponibilizado para dispositivos iOS, por isso almeja-se uma versão para esses dispositivos. Já para o ambiente 3D, planeja-se transformar o servidor do jogo em um modelo que monitorea o estado global do jogo, o que permitiria implementar novas lógicas e funções na interação entre os jogadores. Atualmente, o servidor funciona como um *relay server*²³, apenas repassando os dados de localização do personagem de um jogador para outro. A execução da lógica do jogo e a renderização dos elementos ocorrem individualmente em cada *browser*.

²¹<https://www.youtube.com/watch?v=ih2mZIt1SMw>

²²<https://gitlab.com/netaura>

²³Um *relay server* é basicamente um computador que envia e recebe pacotes de rede, ele não processa dados e não executa nenhuma lógica do jogo.

REFERÊNCIAS

- [1] Faruk Arici, Pelin Yildirim, Şeyma Caliklar, and Rabia M Yilmaz. 2019. Research trends in the use of augmented reality in science education: Content and bibliometric mapping analysis. *Computers & Education* 142, 103647.
- [2] Evandro Cantú. 2005. *Elementos para o fortalecimento da mediação docente na educação tecnológica: aplicação no ensino-aprendizagem de redes de computadores*. Ph.D. Dissertation. Universidade Federal de Santa Catarina.
- [3] Nayana Carneiro et al. 2018. Net.Aura: Design e Aplicação de um Jogo de Realidade Aumentada no Ensino de Redes de Computadores. In *Proceedings [...]*. XVII Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital — SBGames, SBC, Porto Alegre, 1173–1182. <https://www.sbgames.org/sbgames2018/files/papers/EducacaoFull/188362.pdf>
- [4] Heather Coffey. 2009. Digital game-based learning. *Learn NC*.
- [5] Margaret Cook et al. 2019. InNervate AR: Dynamic Interaction System for Motor Nerve Anatomy Education in Augmented Reality. In *HCI International 2019 - Posters*, Constantine Stephanidis (Ed.). Vol. 1033. Springer International Publishing, Cham, 359–365.
- [6] Kendra Graham, James Anderson, Conrad Rife, Bryce Heitmeyer, Pranav R Patel, Scott Nykl, Alan C Lin, and Laurence D Merkle. 2020. Cyberspace Odyssey: A Competitive Team-Oriented Serious Game in Computer Networking. *IEEE Transactions on Learning Technologies* 13, 3, 502–515.
- [7] Maria Guadalupe Gramajo, Federico Trejo Lezcano, Selena Garcia Lobo, Gustavo Juarez, and Alvaro Luis Fraga. 2018. SIMNET: Simulation-Based Exercises for Computer Network Curriculum Through Gamification and Augmented Reality. In *2018 IEEE World Engineering Education Conference (EDUNINE)*. IEEE, 1–5.
- [8] Leonard GC Hamey. 2012. Using the Security Protocol Game to teach computer network security. In *Proceedings of The Australian Conference on Science and Mathematics Education*, Vol. 9.
- [9] Charles Hodges, Stephanie Moore, Barb Lockee, Torrey Trust, and Aaron Bond. 2020. The difference between emergency remote teaching and online learning. *Educause Review* 27.
- [10] María-Blanca Ibáñez and Carlos Delgado-Kloos. 2018. Augmented reality for STEM learning: A systematic review. *Computers & Education* 123, 109–123.
- [11] Evangelos Katsadouros, Dimitris Kogias, Lazaros Toumanidis, Christos Chatzigeorgiou, and Charalampos Z Patrikakis. 2017. Teaching network security through a scavenger hunt game. In *2017 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*. IEEE, 1802–1805.
- [12] Hui Liang and Min Yong Shi. 2013. Design and implement a computer network security education game on iOS for university students. In *Applied Mechanics and Materials*, Vol. 373. Trans Tech Publ, 1815–1820.
- [13] Tarik Lopes Ponciano Lima and Windson Viana de Carvalho. 2021. Aulas Invertidas e Práticas Lúdicas no Ensino de Redes de Computadores. In *Anais do Simpósio Brasileiro de Educação em Computação*. SBC, 211–218.
- [14] Renny SN Lindberg, Teemu H Laine, and Lassi Haaranen. 2019. Gamifying programming education in K-12: A review of programming curricula in seven countries and programming games. *British Journal of Educational Technology* 50, 4, 1979–1995.
- [15] Maria Elisa Máximo. 2021. No desligar das câmeras: experiências de estudantes de ensino superior com o ensino remoto no contexto da Covid-19. *Civitas-Revista de Ciências Sociais* 21, 235–247.
- [16] Nitin Naik. 2014. A comparative evaluation of game-based learning: Digital or non-digital games?. In *European Conference on Games Based Learning*, Vol. 2. Academic Conferences International Limited, 437.
- [17] J. F. NASCIMENTO, A. O. F. ; LIMA et al. 2018. EducaRedes: Jogo Digital Educacional como Ferramenta de Auxílio no Ensino da Arquitetura TCP/IP. In *XXIII Conferência Internacional sobre Informática na Educação*, Vol. 14. Universidad Chile, Chile, 356–367.
- [18] Giani Petri, Christiane Gresse von Wangenheim, and Adriano Ferreti Borgatto. 2017. *MEEGA+, Systematic Model to Evaluate Educational Games*. Springer International Publishing, Cham, 1–7.
- [19] Giani Petri, Christiane Gresse von Wangenheim, Adriano Ferreti Borgatto, Alejandro Calderón, and Mercedes Ruiz. 2019. Digital Games for Computing Education: What Are the Benefits? In *Handbook of Research on Immersive Digital Games in Educational Environments*. IGI Global, 35–62.
- [20] Marina Prvan and Julije OžEGOVIĆ. 2020. Methods in teaching computer networks: a literature review. *ACM Transactions on Computing Education (TOCE)* 20, 3, 1–35.
- [21] Kai Qian, Yong Shi, Lixin Tao, and Ying Qian. 2017. Hands-on learning for computer network security with mobile devices. In *2017 26th International Conference on Computer Communication and Networks (ICCCN)*. IEEE, 1–6.
- [22] Pablo Schoeffel. 2021. XP Enigma-Um Jogo Educacional Não Digital para Apoio ao Ensino de Métodos Ágeis: Uma análise temporal da motivação e aprendizagem. In *Anais do Simpósio Brasileiro de Educação em Computação*. SBC, 152–161.
- [23] Fernando Trinta, Paulo AL Rego, and Windson Viana. 2020. Teaching Development of Distributed Software during COVID-19: An experience report in Brazil. In *Proceedings of the 34th Brazilian Symposium on Software Engineering*. 616–625.