

Net.Aura: Design e Aplicação de um Jogo de Realidade Aumentada no Ensino de Redes de Computadores

Nayana Carneiro^{1*} Ana Maria Machado² Cassio Laureano^{2†} Raul Cavalcante² Windson Viana^{2‡}

¹Universidade Federal do Ceará, Departamento de Computação, Brasil

²Universidade Federal do Ceará, Instituto UFC Virtual, Brasil

RESUMO

O uso de jogos como ferramentas de aprendizado tem se popularizado como uma abordagem promissora para tornar o ensino formal tradicional mais atrativo e eficaz para os estudantes. Os jogos têm o potencial de reforçar a construção do conhecimento e auxiliar no desenvolvimento de habilidades como resolução de problemas, colaboração e comunicação, além de possuírem diversos mecanismos que estimulam a motivação e o engajamento dos jogadores. Diante disso, o presente trabalho apresenta o Network Auragame (ou Net.Aura), um jogo pervasivo que faz uso da plataforma HP Reveal (antiga Aurasma) para criar uma experiência educacional de Realidade Aumentada. Baseado em *Game-based Learning*, o jogo tem o objetivo de auxiliar os estudantes a revisar e fixar conteúdos relacionados à disciplina de Redes de Computadores de um curso de graduação. Este artigo descreve o design do jogo, seu processo de desenvolvimento, que não envolve programação, e uma avaliação inicial com usuários reais. Os resultados da avaliação indicam o potencial do jogo em proporcionar aos estudantes diversão, interação social, engajamento e imersão. Houve aceitação positiva do jogo como ferramenta para melhorar o entendimento do conteúdo da disciplina, e a avaliação confirma o poder dos jogos em oferecer experiências educacionais mais atrativas para os estudantes, desafiando adequadamente suas habilidades e atendendo suas expectativas.

Keywords: Realidade Aumentada, Ensino de Redes de Computadores, Game-Based Learning.

1 INTRODUÇÃO

O ensino oferece diversos desafios a professores de todas as áreas. Em disciplinas relacionadas à Ciência da Computação, essa realidade não é diferente, já que os professores precisam superar diariamente diferentes obstáculos em suas missões de transmitir extensos e, muitas vezes, complexos conteúdos aos alunos. No caso desta pesquisa, trata-se do ensino de Redes de Computadores, conteúdo base fundamental de vários cursos na área tecnológica (e.g., Ciência da Computação, Sistemas e Mídias Digitais e Engenharia da Computação). Além do conteúdo extenso, professores encontram dificuldades com o material didático, pouca disponibilidade de equipamentos adequados para a utilização de ferramentas e optam muitas vezes pelo ensino mais teórico, exacerbando ainda mais o modelo conteudista de abordagem da disciplina. Isto ocorre em grande parte devido à velocidade em que os avanços tecnológicos acontecem e ao custo de manutenção de um laboratório experimental [16].

Desta forma, um desafio comum que se apresenta é a necessidade de utilizar métodos e abordagens que permitam tornar o pro-

cesso de ensino-aprendizagem mais efetivo [8]. Uma vez que o aprendizado é um processo que deve ser vivenciado ativamente pelo aprendiz, o conhecimento e a compreensão só podem ser de fato construídos pelo próprio estudante [3], o que deveria colocar o professor em uma posição de facilitador da aprendizagem. Torna-se, então, evidente que um modelo de ensino tradicional, centrado em um professor transmitindo conteúdos recebidos passivamente pelos alunos, não favorece o aprendizado, pois não oferece aos estudantes a oportunidade de vivenciar a aplicação prática dos conceitos estudados. Assim, diversos pesquisadores advogam que é preciso oferecer experiências educacionais memoráveis, que não sejam apenas enriquecedoras e transformadoras, mas também agradáveis e divertidas para os estudantes [3], visando transformar a percepção comum de um modelo de ensino ineficiente e entediante, e aumentar o engajamento dos alunos nas atividades [2, 7, 10].

Diante disso, muitos professores passaram a buscar soluções para tal problema, recorrendo à aplicação de métodos de ensino alternativos, como a inserção de jogos que permitam ao aluno treinar habilidades ou adquirir e testar conhecimentos relacionados aos conteúdos lecionados [8]. O uso de jogos educacionais como ferramentas de aprendizado é visto como uma abordagem bastante promissora, já que jogos possuem grande capacidade de ensino e reforçam não apenas a construção do conhecimento, mas também o desenvolvimento de importantes habilidades, como resolução de problemas, colaboração e comunicação [2, 4]. Além disso, os jogos possuem grande poder motivacional e diversos mecanismos que estimulam o engajamento dos jogadores, e permitem que os alunos vivenciem situações reais que poderão ser encontradas na prática profissional, diminuindo a lacuna entre teoria e prática [2, 4, 10, 8]. No entanto, é preciso desenvolver jogos que tenham, além do fundamento educacional, elementos que os tornem atrativos, como objetivos definidos, narrativa envolvente, regras, competição e interação social [4, 7, 8]. Nesse intuito, há uma valorização do uso de tecnologias que permitam interações diferenciadas e maiores inovações no contexto escolar [9].

Paralelamente, a Computação Pervasiva e a Realidade Aumentada (RA) têm atraído a atenção da indústria e da academia nos últimos anos. A primeira procura oferecer serviços e conteúdos aos usuários em seus ambientes cotidianos, de acordo com seu contexto, enquanto a segunda se caracteriza por agregar um conjunto de informações gráficas, geradas computacionalmente, que são exibidas sobre a visão do usuário do mundo físico. Uma infinidade de jogos e aplicações tem sido desenvolvida com base na exploração desses paradigmas, em inúmeras áreas, desde a visualização de objetos 3D no ensino, até complexos jogos baseados em localização [15]. Esses jogos, ditos pervasivos, representam uma nova era e passam a oferecer experiências que entrelaçam os mundos real e virtual dos jogadores. Recentemente, esses alcançaram popularidade devido à evolução tecnológica dos dispositivos móveis, que agora são capazes de executar aplicações pervasivas e de RA por meio de sensores de GPS, câmera fotográfica e acesso à Internet - itens comuns até mesmo em *smartphones* de baixo custo.

Dentro deste contexto, o presente artigo tem o objetivo de apresentar o design e a aplicação do jogo Net.Aura, criado para auxiliar

*e-mail: nayanacarneiro@great.ufc.br

†e-mail: cassiolaure@alu.ufc.br

‡e-mail: windson@virtual.ufc.br

no ensino da disciplina de Redes de Computadores. O jogo mescla elementos de uma caça ao tesouro no mundo real com a resolução de um enigma (inspirado no desafio de Einstein [14]) que deve ser solucionado em equipes. O jogo segue os princípios do Auragame [6] (i.e., programação zero, jogo híbrido, RA) agora aplicados no contexto educacional. O Net.Aura é uma orquestração de elementos analógicos e digitais que exige que os alunos se movimentem fisicamente para encontrar as pistas no ambiente. Para tal, eles usam um navegador de RA chamado HP Reveal (antes chamado de Aurasma)¹. Além das pistas, os alunos necessitam utilizar os conhecimentos aprendidos ao longo da disciplina para resolver o Enigma. Uma aplicação do jogo foi realizada ao final do semestre letivo em uma disciplina de Redes de Computadores, em um curso de Graduação, com 12 alunos que participaram da experiência e responderam a um questionário de avaliação. Os resultados do experimento revelaram altos níveis de diversão, interação social, engajamento e imersão por parte dos estudantes. Além disso, eles indicaram uma aceitação positiva do uso deste tipo de atividade para melhorar o entendimento do conteúdo da disciplina. Desta forma, a avaliação confirma o poder da inserção de jogos - especialmente aqueles que usam tecnologias como RA - em oferecer experiências educacionais mais atrativas para os estudantes e que desafiem adequadamente suas habilidades e atendam suas expectativas.

Pretende-se com esse artigo indicar como jogos semelhantes podem ser desenvolvidos em diversas disciplinas sem a necessidade de grande esforço de programação e, assim, aportar experiências memoráveis que auxiliem o entendimento e a compreensão do conteúdo.

O restante deste artigo se divide da seguinte forma: a Seção II discute o referencial teórico e fundamenta a motivação para o estudo, e é seguida pela Seção III que apresenta o jogo Net.Aura. A Seção IV descreve o processo de desenvolvimento e a implementação do jogo e a Seção V apresenta a avaliação do Net.Aura feita junto aos alunos da disciplina. Por fim, a Seção VI apresenta limitações da abordagem e a Seção VII traz a conclusão e trabalhos futuros.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nesta Seção, apresenta-se a fundamentação teórica do trabalho, que visa explanar alguns dos conceitos importantes para o design e o desenvolvimento do jogo Net.Aura, e alguns trabalhos relacionados à pesquisa.

2.1 Game-Based Learning

Game-Based Learning (GBL) é uma abordagem de ensino academicamente consolidada que procura desenvolver e utilizar jogos para impulsionar o processo de ensino-aprendizagem, buscando aumentar sua efetividade e o nível de engajamento dos estudantes. A GBL encontra suas raízes na teoria construtivista de educação [11], e é frequentemente utilizada em diferentes níveis de educação, seja em séries escolares iniciais ou em disciplinas do ensino superior (caso desta pesquisa), e em diversos domínios [11, 13]. Os partidários da GBL defendem que a teoria pode ser aplicada ao ensino de quase todos os assuntos e níveis de habilidades, e destacam que a união entre material educacional e jogos pode ajudar os estudantes a se prepararem mais efetivamente na sociedade globalizada e tecnológica do século XXI [11].

De modo geral, GBL pode ser dividida em duas categorias principais: *Digital Game-Based Learning* (DGBL) e *Non-Digital Game-Based Learning* (NDGBL). DGBL trata do aprendizado proveniente de jogos digitais ou apoiados em meios digitais, enquanto NDGBL cobre todos os tipos de aprendizado baseados em jogos físicos, como jogos de tabuleiro e jogos de cartas. Nos últimos

anos, as pesquisas em GBL passaram a focar mais em jogos digitais, o que transformou os termos GBL e DGBL em sinônimos [13].

Marc Prensky, um dos proponentes dessa abordagem educacional, afirma que DGBL emergiu em meio ao *boom* tecnológico das últimas décadas do século XX [7]. Segundo Prensky, as gerações mais recentes de estudantes são formadas por indivíduos *nativos digitais* - isto é, indivíduos que cresceram cercados por aparatos tecnológicos e desde cedo experimentaram fácil e constante acesso à tecnologia de modo geral e, por isso, pensam e processam a informação de modo fundamentalmente diferente que seus predecessores, os chamados *imigrantes digitais*. Essa discrepância faz com que os estudantes mais jovens desenvolvam baixo nível de engajamento com o ensino tradicional e se desmotivem mais facilmente com as aulas [12]. Para mitigar esse fenômeno, os professores devem se adaptar à linguagem e ao estilo de aprendizagem dos nativos digitais, e o emprego de jogos digitais como ferramentas de ensino na sala de aula é uma das formas mais promissoras de fazer isso [11, 10].

GBL envolve a exploração de atividades que podem variar entre a realização de tarefas muito simples até o desenvolvimento de intrincadas habilidades de resolução de problemas, cabendo ao professor analisar qual a melhor forma de empregar o método e qual tipo de jogo será levado aos alunos [11]. Para isso, é preciso considerar uma série de informações, como características e necessidades especiais dos estudantes, número de jogadores, papel do professor e adequação do nível de dificuldade. Além disso, o professor deve observar algumas *guidelines* sugeridas para criar um programa de ensino forte em GBL e garantir a efetividade da abordagem, tais como: utilizar jogos que sejam capazes de manter altos níveis de engajamento e aprendizado, comunicar claramente as regras e os objetivos do jogo, destacar os resultados e oferecer *feedback* imediato aos alunos, e organizar a atividade de forma que os estudantes interajam não apenas com o jogo, mas também com seus colegas [11].

Desse modo, por meio de GBL é possível tirar grande proveito do potencial de ensino dos jogos. Uma vez que os jogos incorporam princípios consolidados e modelos de aprendizado, é possível criar um ambiente educacional engajador e motivador para os estudantes, que ofereça experiências de aprendizagem customizadas e vivências práticas que poderão resultar mais facilmente em aprendizado efetivo [11, 12].

2.2 Realidade Aumentada e Educação

Existem diversas formas de definir Realidade Aumentada (RA) [9]. No entanto, Wu et al. (2013) observam que uma definição mais produtiva para educadores e designers é aquela que entende a RA em um sentido mais amplo, além do fundamento unicamente tecnológico, pois isso permite o emprego de uma variedade de tecnologias e expande as possibilidades do uso de RA no contexto educacional [9]. Desse modo, o termo pode ser aplicado a qualquer tecnologia que misture informações reais e virtuais de modo significativo, e a RA seria, então, caracterizada por uma situação na qual o contexto do mundo real é dinamicamente sobreposto com informação virtual coerente [5, 9]. Em geral, essa sobreposição envolve elementos 3D que são sobrepostos a imagens da realidade vistas diretamente pelo usuário ou por meio de um dispositivo físico (celular ou um *head-mounted device*, por exemplo). Entretanto, o uso de outras mídias como sons, vídeos e imagens sobrepostas à realidade também caracterizam essa tecnologia.

No tocante à educação, a RA oferece experiências imersivas, nas quais os mundos reais e virtuais se misturam e as interações e o engajamento dos usuários são aumentados [9], podendo ser usada para enfatizar as interações dos aprendizes com o ambiente físico - por exemplo, uma sala de aula ou o espaço da universidade. Um dos benefícios potenciais desse tipo de exploração para o ensino

¹<https://www.hpreveal.com/>

é trazer um senso de autenticidade para os estudantes, que poderão sentir uma conexão positiva com a realidade. Ambientes com aplicações de RA imersivas e colaborativas também podem aumentar a motivação e o interesse dos estudantes, além de ajudá-los a desenvolver habilidades de investigação, obter conhecimento mais acurado sobre o tópico explorado e melhorar habilidades espaciais. Por isso, o potencial educacional da RA é reconhecido por inúmeros pesquisadores educacionais, o que tem feito desta uma das principais tecnologias emergentes para a educação. No entanto, é importante lembrar que seu valor educacional não é baseado somente no uso de uma tecnologia, mas está intimamente relacionado ao modo como a aplicação é planejada, implementada e integrada ao contexto em que será inserida [9].

2.3 Inovações no Ensino de Redes de Computadores

O ensino de Redes de Computadores, por ser um dos temas mais antigos e recorrentes em cursos de Computação, tem constantemente atraído a atenção de pesquisadores que buscam formas de inovar nas práticas de ensino-aprendizagem [16, 17]. Por exemplo, pode-se citar o trabalho exposto em [21], que emprega simuladores como Cisco Packet Tracer e atividades *gamificadas* de programação de Sockets para tornar a aprendizagem mais lúdica. Outros exemplos são os usos de laboratórios virtuais 3D integrados a plataformas como Second Life ou Ambientes Virtuais de Aprendizagem como o Moodle [16, 19].

Como trabalho mais próximo desta pesquisa, pode-se citar o uso de RA no ensino de tópicos de topologia de redes e arquitetura em camadas, proposto em [18]. A solução, chamada de SIMNET, usa RA e *gamificação* para propor exercícios relacionados aos temas supracitados. Para tal, o simulador deve ser programado na plataforma Android, usando a API Vuforia da Qualcomm.

Diferentemente dos trabalhos relacionados, o Net.Aura propõe um misto de experiência de um jogo locativo (no caso, uma caça ao tesouro) e da resolução de um enigma a ser solucionado com os conhecimentos da disciplina. Outro ponto importante é a manutenibilidade e extensão do jogo, já que ele é totalmente criado em um navegador de RA que dispensa a utilização de programação por parte do professor ou da equipe de concepção do jogo.

3 NET.AURA

Network Auragame, ou apenas Net.Aura, é um jogo pervasivo criado com o objetivo de proporcionar uma forma divertida e estimulante de revisar o conteúdo visto ao longo da disciplina de Redes de Computadores, ministrada no curso de Sistemas e Mídias Digitais da Universidade Federal do Ceará. O jogo visa auxiliar os alunos a consolidarem os assuntos estudados, mas também esclarecer possíveis dúvidas e testar os conhecimentos obtidos.

O jogo é baseado no enigma de Einstein [14] e utiliza RA para a descoberta de pistas e a resolução do desafio ligado ao conteúdo da disciplina. O jogo adota os princípios do *Auragame* [6], que é uma experiência de realidade mista para resolução de problemas. No Auragame, os jogadores usam um navegador de RA e são orquestrados por organizadores da experiência de forma a evitar a necessidade de programação computacional de um jogo. Este é o mesmo princípio do Net.Aura, contudo, a experiência é voltada para o âmbito educacional.

O enigma de Einstein é um famoso problema lógico, no qual é proposto um cenário em que existem cinco casas diferentes, sequenciadas e pintadas com cinco cores diferentes, em uma mesma rua. Em cada casa mora uma pessoa que possui uma nacionalidade diferente das demais. Cada morador bebe um certo tipo de bebida e fuma cigarros de uma certa marca, além de possuir uma espécie de animal de estimação diferente dos animais de seus vizinhos. Nenhum dos proprietários possui o mesmo tipo de animal ou consome a mesma marca de cigarro ou tipo de bebida. O desafio oferece 15 dicas para sua solução e, ciente delas, o desafiado deve usar de

raciocínio lógico para responder qual dos moradores é o dono de um peixe. No Net.Aura, o desafio original foi adaptado para acomodar o conteúdo ministrado na disciplina, de forma que os alunos precisem decifrar enigmas e responder perguntas relacionadas aos tópicos estudados ao longo do semestre.

3.1 Narrativa do Jogo

Para que o jogo alcançasse seu objetivo, uma narrativa foi desenvolvida, visando suscitar maior imersão e envolvimento por parte dos alunos com o conteúdo e o contexto do jogo, na qual uma nave espacial terráquea está com problemas em seus cinco computadores centrais, que estão enfileirados. Eles são remanescentes do período em que a Internet com a pilha TCP/IP era o padrão de fato e precisam ser corretamente configurados. Para tal, é preciso colocar o endereço IP correto de cada computador, estabelecer qual sua tecnologia de enlace, habilitar o protocolo de transporte adequado, instalar o servidor de aplicação correto e configurar corretamente os outros serviços em execução. Uma vez que os cinco computadores estejam configurados corretamente, a nave pode enfim acionar seus propulsores e seguir viagem. Para a configuração das máquinas, cada configuração e tecnologia só podem ser usadas uma única vez (não existem dois computadores ligados por Wi-Fi, por exemplo).

Após a criação da narrativa, foi feita a referida adaptação do enigma para o conteúdo da disciplina. Cada casa mencionada no desafio original foi substituída por um computador enumerado de 1 a 5. As características das personagens - cor, nacionalidade, bebida, cigarro e animal - foram substituídas respectivamente por (1) Tecnologia de enlace, (2) Endereço IP, (3) Camada de transporte, (4) Servidor de aplicação e (5) Outros serviços. A Figura 1 representa a tabela do enigma adaptada para o *game*:

| | COMPUTADOR 1 | COMPUTADOR 2 | COMPUTADOR 3 | COMPUTADOR 4 | COMPUTADOR 5 |
|-----------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Tecnologia de enlace | | | | | |
| Endereço IP | | | | | |
| Camada de transporte | | | | | |
| Servidor de aplicação | | | | | |
| Outros serviços | | | | | |

Figura 1: Tabela para respostas do enigma Net.Aura.

Em seguida, as dicas oferecidas pelo enigma foram modificadas para utilizar o conteúdo da disciplina. Ao final, 18 dicas foram criadas, conforme mostra a Figura 2. O número de dicas foi maior que no enigma original, pois a inserção de resolução de problemas do próprio conteúdo da disciplina e o tempo para coleta das pistas poderia tornar a experiência muito longa e, talvez, entediante.

3.2 Interação e Mecânica

O jogo se inicia com a formação de equipes (2 a 4 estudantes), a leitura das regras e da narrativa (em um documento online, por exemplo). Além disso, os estudantes precisam realizar o *download* do aplicativo HP Reveal (disponível tanto para Android como para iOS).

A plataforma HP Reveal é o elemento chave para a inserção da RA na experiência *gamificada* de aprendizagem. Ela permite que um aplicativo móvel, ao escanear uma imagem ou uma foto (chamados de *trigger*), exiba mídias que são apresentadas sobre a imagem da câmera do *smartphone*. Por exemplo, uma imagem, um áudio ou um objeto 3D podem ser mostrados em RA na tela do dispositivo. Das 18 pistas, 6 foram disponibilizadas previamente aos alunos no roteiro do jogo e, para as demais, cada *trigger* acionava um áudio ou uma imagem contendo o texto da pista ou uma imagem que representava a dica.

1. O primeiro computador da fila está conectado sem fio pelo padrão IEEE 802.11n.
2. O computador ligado por cabo par trançado possui endereço IPv4 para redes locais.
3. O computador que utiliza camada de transporte TCP (Tahoe) fica ao lado do computador que possui habilitado um serviço NAT.
4. O computador que possui um servidor de aplicação para e-mails fica ao lado do computador que tem na camada de transporte uma implementação do TCP (Vegas).
5. O último computador da fila, cuja implementação do TCP possui recuperação rápida, tem como outro serviço um Tracker de uma rede P2P.
6. O computador conectado por Li-Fi tem um servidor de aplicação que utiliza um protocolo de transporte não confiável.
7. O computador ligado pelo enlace com maior atraso de propagação tem habilitado como outro serviço um Relay Router do TOR.
8. O computador ligado por fibra-ótica tem um servidor de aplicação Web (Áudio do Texto).
9. O último computador da fila tem um endereço IPv6.
10. O computador com IP1 está localizado do lado esquerdo do computador cujo endereço IPv6 é de uma rede local.
11. O computador com IP de número IP1 possui um Servidor de Aplicação de streaming de áudio.
12. O computador cuja aplicação principal utiliza um protocolo da camada de transporte rUDP tem como outro serviço instalado o SSH.
13. O computador com IP5 suporta o protocolo de transporte TCP (Vegas).
14. O computador localizado exatamente no meio da fila tem um servidor de um Jogo Distribuído
15. O computador com NAT opera na primeira posição da fila de computadores.
16. O computador com Wi-Fi fica ao lado esquerdo do computador com endereço IP3.
17. O computador que utiliza a camada de transporte TCP (Tahoe) fica ao lado direito do computador com um servidor de nomes com autoridade.
18. O computador com um servidor SMTP está ao lado direito do computador com Wi-Fi.

Figura 2: Dicas para resolução do enigma do Net.Aura.

Dois tipos de marcadores foram utilizados: explícitos e implícitos. Os explícitos eram ícones ou imagens feitas expressamente para o jogo e facilmente distinguíveis de outros elementos do ambiente real dos alunos. O estilo gráfico dessas imagens *triggers* é simples e *flat*, inspirado e adaptado de modelos e ícones disponibilizados gratuitamente pelo *site Flaticon*². O estilo simplificado foi escolhido para facilitar a leitura da imagem pela aplicação HP Reveal, uma vez que, em experiências anteriores, percebeu-se que o algoritmo de reconhecimento de imagem é sensível a mudanças na iluminação. Além disso, cada *trigger* representa algum componente presente no conteúdo da pista que guarda.

A Figura 3 mostra exemplos desses marcadores já cadastrados na plataforma HP Reveal. A Figura 4, por sua vez, representa a ilustração usada como marcador da pista 14 e a dica que é exibida quando o *trigger* é escaneado (“O computador localizado exatamente no meio da fila tem um servidor de um Jogo Distribuído”).

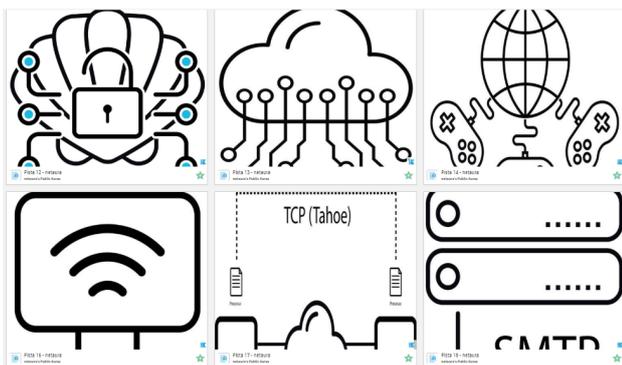


Figura 3: Exemplos de marcadores explícitos.

Além dos marcadores explícitos, o Net.Aura usa também fotografias de objetos existentes no ambiente de ensino dos alunos (e.g., placa de uma porta e um *graffiti* existente nas paredes do prédio didático). O uso desses marcadores, ditos implícitos, aumenta a imersão, mas diminui a reprodutibilidade do jogo em outros ambientes, exigindo reprogramação dos *triggers*. Além disso, as fotografias do mundo real, a serem utilizadas como *trigger*, devem ser

²<https://www.flaticon.com/>

analisadas de forma cuidadosa com relação à iluminação e priorizar objetos com informações textuais - que são melhor identificadas pela plataforma. A Figura 5 apresenta dois exemplos de marcadores implícitos utilizados - a placa do laboratório de aula da disciplina e uma pintura em um dos andares do bloco didático.



Figura 4: Ilustração do marcador explícito e a pista do jogo que é exibida a partir da sua detecção.

4 PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO

Além da base teórica e educacional, o Net.Aura é resultado de percepções e aprendizados provenientes da literatura e de experiências prévias no desenvolvimento e aplicação de jogos semelhantes. Tal vivência, aliada a experiências em sala de aula e conhecimentos multidisciplinares (e.g. Design e Interação Humano-Computador), facilitou o processo de desenvolvimento, especialmente no tocante a ajustes e aperfeiçoamentos técnicos e na adequação do conteúdo didático. A versão atual do Net.Aura conta com 16 auras associadas a marcadores regulares e objetos físicos. Doze delas são dicas diretas e quatro são *easter eggs* ou indicações para marcadores explícitos.

O jogo poderia ser jogado individualmente ou em grupos. No entanto, visando maior ganho em termos de interação social e construção colaborativa de conhecimento, recomenda-se dividir os jogadores em duplas ou grupos de três estudantes. O jogo pode usar de competição para aumentar o engajamento dos alunos (de modo

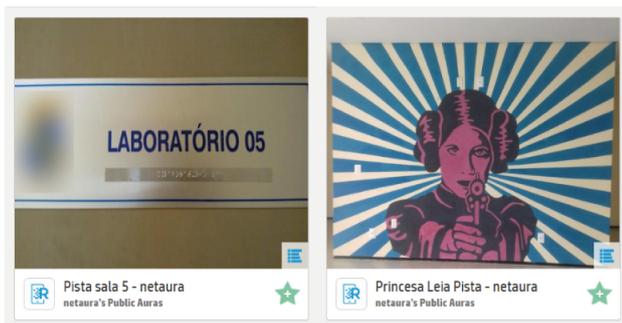


Figura 5: Exemplos de marcadores implícitos usados no Net.Aura.

que o primeiro grupo a solucionar o enigma é considerado o vencedor), mas também incentiva a colaboração entre os jogadores de uma equipe na combinação de esforços para desvendar o enigma proposto - ponto este destacado como positivo pelos estudantes na avaliação inicial. As subseções seguintes descrevem o *Game Flow* do jogo e como foi feita a implementação do Net.Aura.

4.1 Game Flow

O jogo é dividido em duas fases essenciais e sequenciais: (1) Coletar pistas e (2) Resolver o enigma. Em cada fase o jogador pode explorar uma ou mais mecânicas e interações, conforme ilustra a Figura 6. Para esta versão do jogo, optou-se por um *Game Flow* mais simples e objetivo, uma vez que o foco era a revisão de um grande volume de assuntos anteriormente estudados na disciplina - nesse caso, o jogo contemplou tópicos que representavam o conteúdo integral da disciplina. Assim, um fluxo mais complexo poderia sobrecarregar os alunos e influenciar negativamente a experiência, ou até mesmo comprometer os resultados em termos educacionais. Posteriormente, mais fases poderão ser acrescentadas, de acordo com futuras aplicações do jogo e suas respectivas avaliações. A Figura 7 apresenta a tabela de respostas do enigma proposto como base do jogo.



Figura 6: Fases do jogo e suas interações.

Vale destacar que todas as fases do Net.Aura foram implementadas usando unicamente as funcionalidades disponíveis na plataforma HP Reveal, conforme explica a subseção seguinte. Nenhum conhecimento de programação foi necessário para o desenvolvimento do jogo. Outro ponto relevante é o fato que o Net.Aura foi posicionado em um prédio de três andares, composto por diversos ambientes e áreas livres, de modo que os jogadores tinham espaço suficiente para se locomover e explorar os marcadores livremente, buscando as pistas sem uma sequência definida de espaços a visitar. Isso indica que o jogo pode ser adaptado para outros ambientes, sendo, contudo, necessário ajustar as pistas vinculadas a objetos específicos do prédio (i.e., marcadores explícitos).

4.2 Implementação

O Net.Aura foi desenvolvido por meio da plataforma Aurasma - recentemente adquirida pela empresa HP, que passou a chamá-la de HP Reveal. Esta plataforma foi escolhida por sua popularidade, disponibilidade e facilidade de utilização, uma vez que não é exigido conhecimento algum em programação. Essas características permitem que os alunos acessem o jogo de modo rápido e prático, e que outros professores possam facilmente desenvolver, ou mesmo adaptar, jogos semelhantes para serem utilizados em outras disciplinas. Por meio da HP Reveal, os marcadores são vinculados visualmente ao conteúdo de RA.

A plataforma é composta por duas ferramentas principais: um editor de conteúdo e uma aplicação *mobile*, disponível para dispositivos iOS e Android. Além disso, ela se organiza em canais, que são coleções de marcadores e suas mídias correspondentes, criadas pelos usuários. Múltiplos usuários podem se inscrever em um canal com o aplicativo móvel para acessar ao conteúdo de um determinado jogo.

O editor de conteúdo (ilustrado na Figura 8) consiste em um *site* que permite ao usuário vincular os marcadores, gerenciar canais e adicionar ações específicas. Por meio do editor, são criadas as chamadas *Auras*, que contêm as imagens (*triggers*) que funcionarão como gatilhos, e as respectivas sobreposições (*overlays*) a serem exibidas. Os marcadores do jogo são vinculados ao conteúdo de RA de forma completamente visual - por isso não é necessário possuir conhecimentos de programação para criar o jogo.

O aplicativo móvel é responsável pelo processamento das imagens capturadas pela câmera e pela renderização da respectiva mídia. Com essa aplicação, o jogador poderá escanear as imagens-gatilho para a exibição dos conteúdos virtuais, conforme determinado previamente. No *site*, também é criado um canal para o jogo, no qual são publicadas as *Auras*, que contêm o conteúdo do jogo que será baixado para o dispositivo do jogador.

Desse modo, a implementação do Net.Aura consistiu em um processo tecnicamente simples. Após a escolha dos objetos e cenários componentes do jogo, foi feito o *upload* das imagens *triggers* e dos conteúdos de mídia por meio do editor de conteúdo, no qual os materiais foram vinculados aos *overlays* a serem exibidos e compilados em um canal na plataforma HP Reveal. Os *overlays* foram divididos em textos, áudios e imagens para proporcionar mais diversidade e imersão. Após alguns testes, foram feitos ajustes para que a visualização por meio do aplicativo fosse a mais nítida possível. Os áudios foram gravados com a utilização de uma voz robotizada, adequada ao enredo do jogo e que fosse de fácil compreensão.

Diversos testes e ajustes foram feitos entre a equipe de designers e desenvolvedores (composta por professor e alunos) para que as dicas e as imagens *triggers* fossem claras e objetivas, mas com o cuidado de não tornar o jogo exageradamente fácil, o que afetaria a sensação de desafio e engajamento dos jogadores. Devido à indisponibilidade de tempo e à necessidade de acompanhar o andamento da disciplina, não foi possível realizar *field trials* formais com grupos de alunos. No entanto, antes da aplicação do teste com usuários, o jogo foi instalado no ambiente físico em que seria jogado e testado por alguns dos autores para garantir que as pistas e os marcadores estavam corretos. Além disso, os pesquisadores já possuíam conhecimento de algumas questões de usabilidade e jogabilidade que poderiam afetar o jogo, com base em experiências anteriores de desenvolvimento de jogos similares usando a plataforma HP Reveal. Os *insights* obtidos com essas experiências foram aplicados no desenvolvimento do Net.Aura.

5 AVALIAÇÃO

Para investigar a experiência oferecida pelo Net.Aura, foi feita uma avaliação com os alunos da disciplina de Redes de Computadores, ministrada por um dos autores. O objetivo era avaliar aspectos gerais da *game experience*, como imersão, engajamento, diversão e

| | COMPUTADOR 1 | COMPUTADOR 2 | COMPUTADOR 3 | COMPUTADOR 4 | COMPUTADOR 5 |
|-----------------------|---------------------------------|----------------|----------------|-----------------------|-------------------------|
| Tecnologia de enlace | WI-FI | SATÉLITE | ETHERNET | Li-Fi | FFTH |
| Endereço IP | 2001:db8:85a3:0:0:8a2e:370:7334 | 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 CS | Servidor de Streaming | HTTP |
| Outros serviços | NAT | TOR | SSH | DHCP | BitTorrent |

Figura 7: Tabela de respostas ao enigma proposto no Net.Aura.



Figura 8: Interface do editor de conteúdo onde marcadores e mídias são vinculados.

adequação do jogo aos usuários. Uma das metas deste estudo é experimentar o uso de jogos pervasivos com RA, desenvolvidos para fins educacionais no contexto do ensino superior, de forma a promover o engajamento dos alunos enquanto exploram os conteúdos ministrados em sala de aula de forma lúdica. Assim, a avaliação tinha também o propósito de levantar indícios que confirmassem o potencial de sucesso desta pesquisa.

5.1 Participantes, Materiais e Instrumento

O jogo foi avaliado com os alunos da disciplina de Redes de Computadores ministrada em 2018.1 no curso de Sistemas e Mídias Digitais da Universidade Federal do Ceará. Doze usuários participaram do procedimento, dos quais 11 se identificaram como sendo do sexo masculino (um deles preferiu não informar um gênero) e a faixa etária dos participantes variava de 19 a 31 anos (média de 23,4 anos e desvio padrão de 3,546).

A avaliação foi realizada no horário de aula da disciplina e no prédio didático do curso - composto de três andares com salas de aula, gabinetes docentes e administrativos, laboratórios e áreas comuns. A disposição dos marcadores foi feita de forma que os jogadores precisassem explorar todo o prédio e algumas pistas traziam referências a pontos populares do referido bloco (por exemplo, uma pintura da princesa Leia, de Star Wars, feita por alguns alunos), visando fortalecer a sensação de familiaridade dos estudantes com o jogo e aguçar a curiosidade, além de facilitar a exploração do espaço, já conhecido por todos os participantes.

Durante o jogo, os alunos utilizaram seus próprios *smartphones*, devido à impossibilidade de prover aparelhos para cada participante. No entanto, uma vez que o escopo da avaliação não compreendia aferir aspectos técnicos, como desempenho, mas sim avaliar a percepção dos usuários acerca da experiência oferecida pelo Net.Aura, especialmente no tocante a imersão e diversão, essa questão não comprometeu a condução do estudo. Ao início da aula, foi solicitado que os participantes instalassem a aplicação HP Reveal (disponível para os sistemas Android e iOS) e se inscrevessem no canal criado para o jogo na plataforma. Ao fazer isso, o dispositivo do jogador fazia *download* dos marcadores e estaria pronto para iniciar o jogo. Para facilitar essa tarefa, o professor disponibilizou uma rede Wi-Fi aberta.

Para captar as respostas dos usuários à experiência, foi aplicado um questionário adaptado com itens do instrumento proposto por Savi et al. [8], cujo objetivo é avaliar a qualidade de jogos educacionais. A versão adaptada constava de 23 questões, sendo três de múltipla escolha sobre a *background* dos usuários, 17 itens objetivos acompanhados de uma escala Likert de 5 pontos e três questões abertas. O instrumento visava coletar informações sobre dados demográficos dos alunos, experiência com jogos pervasivos e percepções sobre a experiência (imersão, diversão, engajamento e adequação), e as três questões abertas visavam obter impressões positivas e negativas sobre o jogo e pontos de melhoria. A Figura 9 apresenta as questões referentes à avaliação do usuário sobre o jogo (i.e. excluindo as três questões demográficas):

5.2 Procedimento

Uma vez que o aluno tivesse feito o *download* da aplicação HP Reveal e sua inscrição no canal do Net.Aura na plataforma, era disponibilizado um arquivo digital contendo a narrativa do jogo, uma tabela com todas as possíveis respostas para cada característica, seis pistas iniciais e a tabela a ser preenchida com as respostas do desafio. Os participantes foram distribuídos em duplas ou trios para procurar as outras pistas que estavam espalhadas pelo prédio didático do curso. Após concluir o jogo, os participantes retornavam à sala de aula, onde respondiam ao questionário. A atividade valia até 2 pontos na segunda prova da disciplina. Para aumentar o engajamento, a primeira equipe que chegasse à solução correta do enigma ganharia os 2 pontos, enquanto as demais ganhariam apenas 1 ponto, independente da ordem de finalização do enigma.

Havia doze pistas explícitas, que foram impressas e coladas nas paredes do prédio, e de fácil reconhecimento como componentes

1. A variação (de forma, conteúdo ou de atividades) ajudou a me manter atento ao jogo.
2. O conteúdo do jogo é relevante para meu aprendizado na disciplina.
3. O jogo é bem diferente de todos os outros que já joguei.
4. Foi por causa do meu esforço pessoal que consegui avançar no jogo.
5. Temporariamente esqueci das minhas preocupações do dia-a-dia e fiquei totalmente concentrado no jogo.
6. Não percebi o tempo passar enquanto jogava, quando vi o jogo acabou.
7. Me senti mais no ambiente do jogo do que no mundo real, esquecendo do que estava ao meu redor.
8. Pude interagir com outras pessoas durante o jogo.
9. Me diverti junto com outras pessoas.
10. O jogo promove momentos de cooperação e/ou competição entre as pessoas que participam.
11. O jogo foi adequadamente desafiador para mim, pois as tarefas não são muito fáceis nem muito difíceis.
12. O jogo evoluiu em um ritmo adequado e não fica monótono – oferece novos obstáculos, situações ou variações de atividades.
13. Me diverti com o jogo.
14. Quando interrompido, fiquei desapontado porque o jogo tinha acabado, pois gostaria de jogar mais.
15. Eu recomendaria este jogo para meus colegas.
16. Gostaria de utilizar este jogo novamente.
17. Tive sentimentos positivos de eficiência no desenrolar do jogo.
18. O que você gostou mais no Net.Aura? (Se possível, cite 3 pontos fortes do jogo)
19. Houve algo que você não gostou no jogo? Caso sim, o quê?
20. O que você melhoraria no Net.Aura?

Figura 9: Itens do questionário respondido pelos participantes da avaliação do Net.Aura.

do jogo. Algumas dessas pistas apresentavam mensagens do tipo: “A pista foi removida, procure na entrada do laboratório 5” e encaminhavam o aluno até o local onde poderia encontrar a verdadeira pista escaneando uma imagem já existente no ambiente (no caso, o marcador implícito era a placa do laboratório).

Enquanto os alunos jogavam, um avaliador observava a evolução dos participantes. O professor, também presente, atuava como orquestrante do jogo e auxiliava os alunos em eventuais dúvidas. A estimativa de duração da atividade era de 30 minutos, mas os jogadores dispunham de até duas horas para completar o desafio (equivalente ao período de duração da aula). De modo geral, o grupo levou de 40 a 70 minutos para finalizar o jogo. A Figura 10 registra momentos em que jogadores escaneiam pistas espalhadas pelo bloco.

5.3 Resultados

Para análise dos resultados, as respostas dos participantes às questões objetivas do questionário foram consideradas juntamente com as respostas às questões abertas e eventuais comentários feitos pelos usuários durante a avaliação, mesmo que informalmente. As percepções dos pesquisadores observadores também contribuíram para a análise dos resultados aqui relatados. Para fins de apresentação dos resultados obtidos, a discussão nesta Seção é feita de modo a compor uma visão geral da experiência, focando especialmente nos aspectos de diversão e interação social, imersão e engajamento, e adequação do jogo e dos conteúdos abordados.

5.3.1 Diversão e interação social

Dentre os 12 usuários que participaram da avaliação, 75% afirmaram nunca ter jogado um jogo pervasivo e consideraram o Net.Aura um jogo positivamente diferente de outros que já haviam experimentado. Além disso, 11 dos 12 disseram ter se divertido com o jogo (Figura 11). As respostas às questões abertas confirmam o potencial do jogo em proporcionar diversão aos seus jogadores.

O uso de RA foi destacado nas respostas abertas como um dos principais responsáveis pela diversão proporcionada pelo jogo, confirmando o potencial da RA apontado na literatura. O uso da tecnologia trouxe inovação para a experiência, reconhecido pelos alunos em relação a outras atividades já desenvolvidas nas disciplinas. Em termos gerais, 66% dos usuários concordaram totalmente que a



Figura 10: Usuários durante a avaliação do jogo.

variação de forma, conteúdo e de atividades dentro do jogo contribuiu para que a atenção dos alunos fosse mantida no jogo, enquanto os outros 33,3% disseram concordar parcialmente com a afirmação.

Mais de 90% dos participantes concordaram (total ou parcialmente) que puderam interagir com outras pessoas durante o jogo e todos se divertiram com outras pessoas (sendo 66,7% concordo totalmente e 33,3% concordo parcialmente), com 75% deles destacando que o jogo promoveu momentos de cooperação e competição entre os jogadores, o que contribuiu para a diversão e o engajamento na atividade.

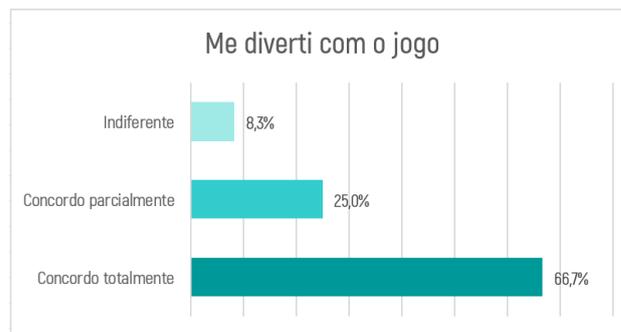


Figura 11: Respostas dos usuários sobre a diversão proporcionada pelo jogo.

5.3.2 Imersão e engajamento

Com relação à percepção de imersão e engajamento, 66,7% dos estudantes afirmaram que esqueceram de suas preocupações cotidianas enquanto jogavam, depositando foco total no jogo. No entanto, 33,4% dos alunos se dividiram entre a indiferença e a discordância parcial, conforme mostra a Figura 12. A divisão de respostas nesse item pode ser explicada pelo fato de que o jogo foi aplicado no final do semestre letivo (período em que os estudantes sofrem com o aumento do nível de estresse e ansiedade com trabalhos e provas

HP Reveal (como cadastro obrigatório, interface, desempenho), o número de pistas dadas e a clareza de alguns áudios com a voz robótica. A Figura 14 apresenta uma nuvem de *tags* com os termos que mais representam as percepções dos participantes da avaliação.

6 LIMITAÇÕES E AMEAÇAS À VALIDADE

Uma grande limitação quanto à reprodutibilidade do Net.Aura é a sua dependência de orquestração e o uso de marcadores implícitos. Benford et al. definem orquestração como técnicas, suporte humano (por exemplo, atores) e infraestrutura usada pelos desenvolvedores para gerenciar a ação do jogo no momento da sua execução [20]. A grande fraqueza originada por essa orquestração é a demanda de esforços para configurar o jogo - por exemplo, o professor tem que espalhar todos os marcadores explícitos pelo ambiente. Jogar o Net.Aura em um local diferente também implica em reposicionar todos esses marcadores explícitos, escolher os novos objetos do mundo real e reconfigurar os *triggers* dos marcadores implícitos na plataforma HP Reveal.

Outra limitação do Net.Aura se origina do uso da plataforma HP Reveal, que foi projetada não para construir jogos de RA, mas para ser utilizada como um navegador de RA com conteúdo personalizável. Portanto, a plataforma não possui ferramentas de design e gerenciamento de recursos de jogos - por exemplo, não é apresentado aos jogadores uma barra de progresso que pudesse indicar quantas pistas já foram coletadas ou fornecer uma pontuação parcial relacionada a elas. Além disso, o professor tem a responsabilidade de verificar manualmente se a resposta de cada aluno ao enigma está correta. A existência de um *feedback* imediato dentro do próprio jogo poderia melhorar essa experiência e reduzir o esforço do professor nesse sentido, que poderia, então, dedicar-se ao acompanhamento dos alunos e ao monitoramento da realização da atividade em si.

Com relação à avaliação, algumas ameaças podem ser apontadas quanto aos resultados. Uma delas é o fato de que o jogo foi aplicado uma única vez e com uma única turma, relativamente pequena. Em turmas maiores, a competição entre as equipes poderia se tornar mais desmotivante à medida em que a primeira equipe resolvesse o enigma. Além disso, os alunos do curso de Sistemas e Mídias Digitais são habituados ao desenvolvimento de jogos e ao uso de práticas lúdicas em várias disciplinas. Talvez em cursos mais tradicionais, os resultados dos testes sejam diferentes devido ao perfil dos alunos. Outros pontos a serem considerados são relacionados à baixa participação de mulheres na realização da avaliação e aos métodos de avaliação e coleta empregados, que se apoiaram mais fortemente em informações fornecidas pelos próprios usuários e trataram de aspectos do jogo em si. Testes futuros deverão abranger uma amostra maior e mais equilibrada, além de utilizar métodos diversificados e complementares para avaliar mais dimensões da interação com o jogo, além de investigar seu impacto educacional. Os resultados aqui apresentados ainda não podem ser generalizados, uma vez que o estudo tratou de um contexto específico.

7 CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS

O presente trabalho apresentou o Net.Aura, um jogo pervasivo baseado em RA, desenvolvido para auxiliar estudantes a revisar e fixar conteúdos aprendidos em uma disciplina de Redes de Computadores ministrada em um curso de graduação. O jogo foi desenvolvido por meio da plataforma HP Reveal, pela qual é possível criar jogos sem fazer uso de habilidades de programação. Isso mostra que é possível para professores de diversas áreas criar experiências similares para os seus alunos e inseri-las em suas disciplinas, adequando suas metodologias de ensino às necessidades dos estudantes nativos digitais.

Para avaliar o potencial do jogo como ferramenta educacional e sua capacidade de oferecer uma experiência divertida e envolvente,

foi realizada uma avaliação com um grupo de 12 alunos que cursavam a referida disciplina. Os resultados da avaliação mostram que o Net.Aura pode aumentar os níveis de diversão, imersão e engajamento dos alunos com a atividade, além de promover interação social entre os alunos e incentivar a competição saudável e a colaboratividade, permitindo que os estudantes esclarecessem dúvidas e melhorassem a compreensão dos conteúdos estudados. O jogo foi considerado adequado ao perfil dos usuários, especialmente com relação à sua progressão e ao nível de desafio oferecido aos jogadores.

Como trabalhos futuros, pretende-se construir uma ferramenta de autoria para ajudar professores da computação a montar games como o Net.Aura de forma mais direcionada, uma vez que esse não é o propósito original da plataforma HP Reveal. Conforme discutido anteriormente, tanto a experiência de design e desenvolvimento, quanto a *game experience* poderiam ser melhoradas, caso houvesse uma ferramenta focada nesse tipo de atividade e que oferecesse recursos mais especializados ao contexto.

A longo prazo, mais avaliações da aplicação do jogo serão feitas e em diferentes momentos da disciplina (não apenas no final), o que possibilitará a investigação de questões ainda nebulosas na avaliação inicial, como formas de aumentar a sensação de presença e a variação do nível de desafio para atender melhor às expectativas e habilidades dos estudantes. Uma importante questão a ser cuidadosamente investigada nas próximas etapas desta pesquisa é avaliar o impacto da inserção do jogo na disciplina, visando comprovar formalmente sua efetividade educacional. Apesar dos resultados iniciais demonstrarem o potencial do jogo para melhorar o entendimento dos conteúdos abordados (conforme comentários feitos pelos alunos durante a avaliação), faz-se necessário investigar essa questão de forma mais profunda, uma vez que este ponto foi abordado ainda de forma superficial na avaliação aqui apresentada, devido limitações de tempo, equipe e tamanho da amostra disponível. Com base nas descobertas aqui relatadas, planeja-se expandir o estudo para que sejam alcançados resultados mais significativos e generalizáveis. Além disso, outros métodos de avaliação e de coleta de dados serão utilizados, visando a composição de uma visão mais completa da experiência proporcionada pelo Net.Aura e a comprovação da sua capacidade de melhorar a aprendizagem dos alunos.

REFERÊNCIAS

- [1] M. Bang, A. Gustafsson, and C. Katzeff. *Promoting new patterns in household energy consumption with pervasive learning games*. International Conference on Persuasive Technology. Springer, Berlin, Heidelberg, 2007.
- [2] D. Dicheva, C. Dichev, G. Agre, and G. Angelova. *Gamification in education: A systematic mapping study*. Journal of Educational Technology & Society 18.3, 2015.
- [3] M. Ebner and A. Holzinger. *Successful implementation of user-centered game based learning in higher education: An example from civil engineering*. Computers & Education 49.3 (2007): 873-890.
- [4] J. P. Gee. *What video games have to teach us about learning and literacy*. Computers in Entertainment (CIE) 1.1: 20-20, 2003.
- [5] E. Klopfer. *Augmented learning: Research and design of mobile educational games*. MIT press, 2008.
- [6] L. F. Maia, W. Rodrigues, W. Viana, and F. Trinta. *Auragame: A Case Study of a Zero Programming Augmented Reality Game*. SBGames 2016: 322-328.
- [7] M. Prensky. *Digital game-based learning*. Computers in Entertainment (CIE) 1.1 (2003): 21-21.
- [8] R. Savi, C. Gresse von Wangenheim, and A. Ferretti Borgatto. *A model for the evaluation of educational games for teaching software engineering*. Software Engineering (SBES), 2011 25th Brazilian Symposium on. IEEE, 2011.
- [9] H. K. Wu et al. *Current status, opportunities and challenges of augmented reality in education*. Computers & Education 62 (2013): 41-49.

- [10] K. Kiili. *Digital game-based learning: Towards an experiential gaming model*. The Internet and higher education 8.1 (2005): 13-24.
- [11] H. Coffey. *Digital game-based learning*. Learn NC. Retrieved July 27 (2009): 2010.
- [12] R. Van Eck. *Digital game-based learning: It's not just the digital natives who are restless*. EDUCAUSE review 41.2 (2006): 16.
- [13] N. Naik. *A comparative evaluation of game-based learning: Digital or non-digital games?*. European Conference on Games Based Learning. Vol. 2. Academic Conferences International Limited, 2014.
- [14] J. Stangroom. *Einstein's Riddle: 50 Riddles, Puzzles, and Conundrums to Stretch Your Mind*. A&C Black, 2009.
- [15] C. Noleto, M. Lima, L. F. Maia Silva, W. Viana, F. Trinta. *An Authoring Tool for Location-Based Mobile Games with Augmented Reality Features*. SBGames 2015: 99-108.
- [16] Ferreira, K. H. A., de Lima, R. W., Chaves, J. O. M., de Lima, M. V. A. (2013). *Inserindo um Laboratório Virtual para o Ensino de Redes de Computadores*, ICBL2013 – International Conference on Interactive Computer aided Blended Learning, 2013.
- [17] A. Oliveira. *Modelo LADIR: Inovação no Ensino de Redes de Computadores*. Anais do Workshop de Informática na Escola (WIE), 2017.
- [18] A. L. Fraga, M. G. Gramajo, F. Trejo, S. Garcia, G. Juarez, L. Franco. *SIMNET: Simulation-Based Exercises for Computer Network Curriculum Through Gamification and Augmented Reality*. *International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation*, 627-635, 2018.
- [19] G. B. Voss, V. Oliveira, Nunes, F. B., Herpich, F., Medina, R. D., e Bercht, M. (2014). *Construção e Análise de um Mundo Virtual 3D para o Ensino e Aprendizagem de Redes de Computadores*. Anais do Simpósio Brasileiro de Informática na Educação, 2014.
- [20] S. Benford, C. Magerkurth, and P. Ljungstrand. *Bridging the physical and digital in pervasive gaming*. Commun. ACM, vol. 48, pp. 54–57, Mar. 2005.
- [21] V. Costa, W. Viana, and E. Coutinho. *Um Relato sobre a Monitoria da Disciplina de Redes de Computadores no Curso de Sistemas e Mídias Digitais*. Revista Sistemas e Mídias Digitais (RSMD), v. 2, p. 1-12, 2017.